

Histoire postglaciaire de la végétation au lac du Diable, mont Albert, Gaspésie, Québec

Postglacial Vegetational History at Lac du Diable, Mont Albert, Gaspé Peninsula, Québec

Postglaziale Geschichte der Vegetation am Lac du Diable, Mont Albert, Gaspésie, Québec

Pierre J. H. Richard et Claude Labelle

Volume 43, numéro 3, 1989

Le VI^e Congrès de l'Association québécoise pour l'étude du Quaternaire

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032787ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032787ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Richard, P. J. H. & Labelle, C. (1989). Histoire postglaciaire de la végétation au lac du Diable, mont Albert, Gaspésie, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 43(3), 337–354. <https://doi.org/10.7202/032787ar>

Résumé de l'article

Au lac du Diable (494 m d'altitude), sur le flanc oriental du mont Albert (sommet: 1154 m), la colonisation végétale postglaciaire débuta par un stade ayant pu durer quelques siècles, à physionomie comparable à celle de la toundra, caractérisé d'abord par les herbes puis par les arbustes. Les populations arborescentes s'installèrent à partir de 10 600 ans BP environ. L'aire occupée par la toundra dans la région devait alors déjà se confiner, comme de nos jours, au seul sommet du mont Albert. Les peupliers et les épinettes (surtout l'épinette blanche) immigrèrent les premiers, mais le bouleau blanc était présent dès 10 300 ans BP. Autour de 10 000 ans BP, les forêts environnantes étaient déjà dominées par les épinettes, mais vers 9500 ans BP leur nombre a fortement diminué alors qu'augmentaient les populations de mélèzes, de bouleaux blancs et surtout d'aulnes verts, et ce, jusque vers 7000 ans BP; pendant ce temps, le sapin croissait dans le secteur, mais sans abonder. Cette longue régression des épinettes fut probablement provoquée par un climat plus sec ou orageux qui favorisa une grande fréquence des feux de forêts, ce qui corrobore le modèle de Milankovitch pour le climat de l'Holocène inférieur. Après 7000 ans BP, sous un climat plus humide, les populations de sapins ont alors pu se développer sur les versants, et des communautés forestières fermées associées aux sapinières-pessières y ont dominé jusqu'à nos jours. Durant la période hypsithermique (7000 à 5000-4500 ans BP environ), à part une plus grande abondance du bouleau blanc, le paysage végétal autour du lac du Diable n'a pas été modifié par l'immigration d'arbres plus thermophiles comme le bouleau jaune ou le pin blanc. Durant l'Holocène supérieur, les populations de sapins et d'épinettes eurent tendance à augmenter et celles de bouleaux blancs ont régressé, phénomène attribué au refroidissement post-hypsithermique.

HISTOIRE POSTGLACIAIRE DE LA VÉGÉTATION AU LAC DU DIABLE, MONT ALBERT, GASPÉSIE, QUÉBEC

Pierre J. H. RICHARD et Claude LABELLE, Département de géographie, Université de Montréal, C.P. 6128, Succursale «A», Montréal, Québec H3C 3J7.

RÉSUMÉ Au lac du Diable (494 m d'altitude), sur le flanc oriental du mont Albert (sommet: 1154 m), la colonisation végétale postglaciaire débuta par un stade ayant pu durer quelques siècles, à physionomie comparable à celle de la toundra, caractérisé d'abord par les herbes puis par les arbustes. Les populations arborescentes s'installèrent à partir de 10 600 ans BP environ. L'aire occupée par la toundra dans la région devait alors déjà se confiner, comme de nos jours, au seul sommet du mont Albert. Les peupliers et les épinettes (surtout l'épinette blanche) immigrèrent les premiers, mais le bouleau blanc était présent dès 10 300 ans BP. Autour de 10 000 ans BP, les forêts environnantes étaient déjà dominées par les épinettes, mais vers 9500 ans BP leur nombre a fortement diminué alors qu'augmentaient les populations de mélèzes, de bouleaux blancs et surtout d'aulnes verts, et ce, jusque vers 7000 ans BP; pendant ce temps, le sapin croissait dans le secteur, mais sans abonder. Cette longue régression des épinettes fut probablement provoquée par un climat plus sec ou orageux qui favorisa une grande fréquence des feux de forêts, ce qui corrobore le modèle de Milankovitch pour le climat de l'Holocène inférieur. Après 7000 ans BP, sous un climat plus humide, les populations de sapins ont alors pu se développer sur les versants, et des communautés forestières fermées associées aux sapinières-pessières y ont dominé jusqu'à nos jours. Durant la période hypsithermique (7000 à 5000-4500 ans BP environ), à part une plus grande abondance du bouleau blanc, le paysage végétal autour du lac du Diable n'a pas été modifié par l'immigration d'arbres plus thermophiles comme le bouleau jaune ou le pin blanc. Durant l'Holocène supérieur, les populations de sapins et d'épinettes eurent tendance à augmenter et celles de bouleaux blancs ont régressé, phénomène attribué au refroidissement post-hypsithermique.

ABSTRACT *Postglacial vegetational history at Lac du Diable, Mont Albert, Gaspé Peninsula, Québec.* The postglacial plant colonization at the Lac du Diable (alt.: 494 m), on the eastern flank of Mont Albert (summit: 1154 m), started with a tundra-like phase that lasted for some centuries, and was characterized by abundant herbs, then by shrubs. Tree populations established themselves by 10 600 years BP approximately. The area of the regional landscape occupied by tundra at that time was probably restricted to the Mont Albert summit plateau, as it is nowadays. Poplars and spruces (mainly white spruce) were the first immigrants, but white birch was present as early as 10 300 BP. Around 10 000 BP, the forests surrounding Lac du Diable were dominated by spruce. However, around 9500 years BP, their abundance was greatly reduced, whereas the number of larch, white birch and especially green alder increased until 7000 BP. In the meantime, balsam fir grew in the area but was not abundant. The long-lasting decline in spruce populations was probably caused by a dry and/or stormy summer climate that favoured frequent wildfires, these conditions corroborating the Milankovitch model for the Early Holocene climate. After 7000 BP, the balsam fir populations developed under a more humid climate and closed spruce-fir forests dominated the landscape around the lake until the present. During the Hypsithermal (ca. 7000 to 5000-4500 years BP), apart from a greater abundance of white birch, the vegetational landscape around Lac du Diable remained stable, without any new species like yellow birch or white pine, for instance. During the Late Holocene, there was a tendency for population increases in spruce and balsam fir, and for a decrease in white birch, a feature linked with the post-hypsithermal cooling.

ZUSAMMENFASSUNG *Postglaziale Geschichte der Vegetation am Lac du Diable, Mont Albert, Gaspésie, Québec.* Am Lac du Diable (454 m Höhe) auf der Ostseite des Mont Albert (Spitze: 1154 m) begann die postglaziale Pflanzenansiedlung mit einer Phase, die einige Jahrhunderte gedauert haben kann und die eine der Tundra vergleichbare Physiognomie hatte, zunächst durch Gräser, dann durch Büsche geprägt. Die baumartigen Bestände siedelten sich ab ungefähr 10 600 Jahren v.u.Z. an. Der in der Gegend von der Tundra eingenommene Platz musste damals schon wie heute allein auf den Gipfel des mont Albert begrenzt sein. Die Pappeln und Fichten (vor allem Weissstannen) siedelten sich als erste an, aber die Weissbirke war seit 10 300 Jahren v.u.Z. anzufinden. Um 10 000 Jahre v.u.Z. dominierten in den umgebenden Wäldern schon die Fichten, aber gegen 9500 Jahre v.u.Z. nahm ihre Zahl stark ab, während gleichzeitig die Bestände von Lärchen, Weissbirken und vor allem grünen Erlen zunahmen und das bis um 7000 Jahre v.u.Z.: während dieser Zeit nahmen Tannen in dem Gebiet zu, ohne sehr zahlreich zu sein. Dieser langsame Rückgang der Fichten wurde möglicherweise durch ein trockeneres oder durch Gewitter geprägtes Klima hervorgerufen, welches häufige Waldbrände begünstigte, was wiederum das Modell von Milankovitch für das Klima im frühen Holozän erhärtet. Nach 7000 Jahren v.u.Z. haben die Tannenansiedlungen sich unter einem feuchteren Klima auf den Abhängen entwickeln können, und geschlossene Waldeinheiten, die mit den Fichten-Tannenwäldern in Verbindung gebracht werden, haben bis heute dort dominiert. Während des Hypsithermal (etwa 700 bis 5000-4500 Jahre v.u.Z.) wurde die Pflanzenlandschaft um den lac du Diable abgesehen von einem vermehrten Vorkommen der Weissbirke nicht durch Ansiedlung von mehr thermophilen Bäumen wie die Gelbbirke oder die Weisskiefer verändert. Während des späten Holozän hatten die Bestände von Tannen und Fichten die Tendenz zuzunehmen, während die der Weissbirke zurückgingen, ein Phänomen, das der post-hypsithermischen Abkühlung zugeschrieben wird.

INTRODUCTION

La présente contribution livre l'histoire de la végétation dans la région du mont Albert par l'analyse sporopollinique et l'étude des macrorestes végétaux des sédiments du lac du Diable. L'accent est mis sur l'évolution temporelle des populations végétales, leur remplacement mutuel, leur réaction aux conditions paléo-environnementales, notamment les incendies naturels dont l'étude du contenu des sédiments en charbons microscopiques fournit une mesure indirecte. Les divers types de couvert végétal qui se sont succédé autour du lac sont reconstitués et comparés à la végétation actuelle du bassin versant et des environs. Les implications paléoclimatiques des reconstitutions de la végétation sont par ailleurs confrontées aux données du groupe COHMAP (1988), à l'échelle de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent comme à celle de la Nouvelle Angleterre (Davis *et al.*, 1980; Davis et Jacobson, 1985).

Si l'origine entièrement postglaciaire de la flore arctico-alpine des montagnes de la Gaspésie est maintenant fermement établie, grâce aux preuves de l'englaciation complète des Chic-Chocs et des monts McGerrigle durant le dernier glaciaire (David et Leblond, 1985), son histoire reste fragmentaire, voire conjecturale. On ne connaît pas à quel rythme ni quand les îlots de toundra sommitale se sont constitués, s'ils résultent bien tous d'une toundra tardiglaciaire plus étendue ou si certains sont d'origine plus récente, ni si la limite des arbres a fluctué pareillement partout en altitude durant l'Holocène (Payette et Boudreau, 1984). On ignore aussi quelle est la nature de la végétation postglaciaire initiale sur les versants et aux abords des massifs montagneux gaspésiens. La composition holocène de la flore, même si elle sera toujours partielle en paléobotanique, reste aussi à établir. Dans ces conditions, toute reconstitution paléophytogéographique qui permettrait de mieux cerner les milieux de déglaciation ou ceux offerts à la colonisation végétale puis à son développement holocène dans cette région est encore pratiquement impossible, notamment sous l'angle paléoclimatique.

Plus généralement, l'histoire postglaciaire du couvert végétal en Gaspésie est encore à faire. Les variations régionales de cette histoire au sein de la péninsule, entre les diverses vallées littorales encaissées, les versants abrupts et géomorphologiquement actifs, les vastes plateaux étagés et les massifs montagneux sont à peine esquissées. Une telle documentation, qui permettrait d'aborder l'étude de problèmes paléophytogéographiques globaux (migrations ou expansions différentielles des plantes, paléoécologie péninsulaire) et de contribuer aux reconstitutions paléoclimatiques à l'échelle continentale est tributaire d'études locales dont celles de Payette *et al.* (1981) et de Labelle et Richard (1981b, 1984) sont de trop rares exemples. C'est dans cette perspective de recherche que s'inscrit la présente contribution.

CADRE BIOPHYSIQUE RÉGIONAL

Le mont Albert et le massif des monts McGerrigle se situent de part et d'autre de la rivière Sainte-Anne et portent les plus hauts sommets de la Gaspésie (fig. 1). Le mont Albert, sis à l'extrémité orientale des Chic-Chocs, culmine à 1154 m d'al-

titude, le plateau sommital (15 km² environ) étant presque entièrement formé de péridotite serpentinisée que colonise une végétation de toundra (Sirois, 1984). Les roches encaissantes métavolcaniques et métasédimentaires du plateau gaspésien sont surtout des schistes, des ardoises, des conglomérats, des calcaires et des grès cambro-ordoviciens, une étroite auréole d'amphibolite entourant la serpentine. En forme de fer à cheval, le plateau sommital du mont Albert s'ouvre au sud-est sur un ensemble de cirques escarpés, dont la cuve du Diable qui abrite le ruisseau du Diable. Ce cours d'eau torrentiel canalise les ruisseaux drainant la plus grande partie du mont vers la rivière Sainte-Anne, située à moins de 2 km à l'est et 850 m plus bas (fig. 1).

La flore sommitale comprend 158 espèces de plantes vasculaires, dont 21 % de plantes arctiques-alpines (Sirois, 1984). Certaines plantes ne se trouvent que sur le mont Albert, parmi les florules de haute altitude de la région des Chic-Chocs et des monts McGerrigle. Ce sont, à l'échelle régionale, des plantes serpentinicoles exclusives: *Lychnis alpina*, *Armeria maritima* var. *labradorica*, *Arenaria marcescens*, *Adiantum pedatum* var. *aleuticum*, *Polystichum mohrioides* et *Cheilanthes siliquosa*. D'autres plantes, sans être inféodées à la serpentine, sont préférentiellement serpentinicoles dont *Rhododendron lapponicum*, *Artemisia borealis* et *Salix arctica*. Les plantes les plus caractéristiques des paysages de la toundra sommitale sont toutefois *Juniperus communis*, *Betula glandulosa*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum groenlandicum*, *Carex bigelowii*, *Deschampsia caespitosa*, *Andromeda glaucophylla* et la mousse *Rhacomitrium lanuginosum*, omniprésente. Ce sont des plantes assez banales pour la plupart, mais qui sont dominantes sur le plateau.

La forêt se rend presque au sommet du mont Albert, partout où les versants ne sont pas trop abrupts. L'étage sub-alpin de krummholz forme sur les hauts versants une ceinture plus ou moins large et continue dominée par les épinettes (*Picea glauca*, *Picea mariana*) et le sapin baumier (*Abies balsamea*) qu'accompagnent le genévrier commun (*Juniperus communis*), le bouleau nain (*Betula pumila*) et le mélèze laricin (*Larix laricina*), sur les bas versants escarpés. Le bouleau nain constitue des bétulaies ouvertes arbustives hautes assez denses, à parterre arbustif bas fermé, sur les moyens et les hauts versants ayant été brûlés. Sur le flanc est du mont Albert, elles sont manifestes en automne, en mélange avec les krummholz. Divers krummholz bas occupent aussi certaines stations enneigées du plateau sommital. *Larix laricina*, accompagné de *Picea mariana*, forme par ailleurs l'essentiel des boisés subalpins sur les substrats serpentiniques du versant sud du mont Albert, jusqu'à une altitude de 800 m environ (Sirois, 1984). Ailleurs, une pessière noire à sapin baumier couvre les versants du mont et l'ensemble des collines environnantes, constituant le segment le plus xérique et rigophile de la série physiographique du domaine de la sapinière à bouleau blanc auquel la région du mont Albert appartient (Boudreau et Payette, 1981; Grandtner, 1966, 1972).

L'étagement de la végétation au mont Albert même constitue une réponse floristique et physiognomique à la conjugaison complexe des conditions édaphiques et météorologiques qui

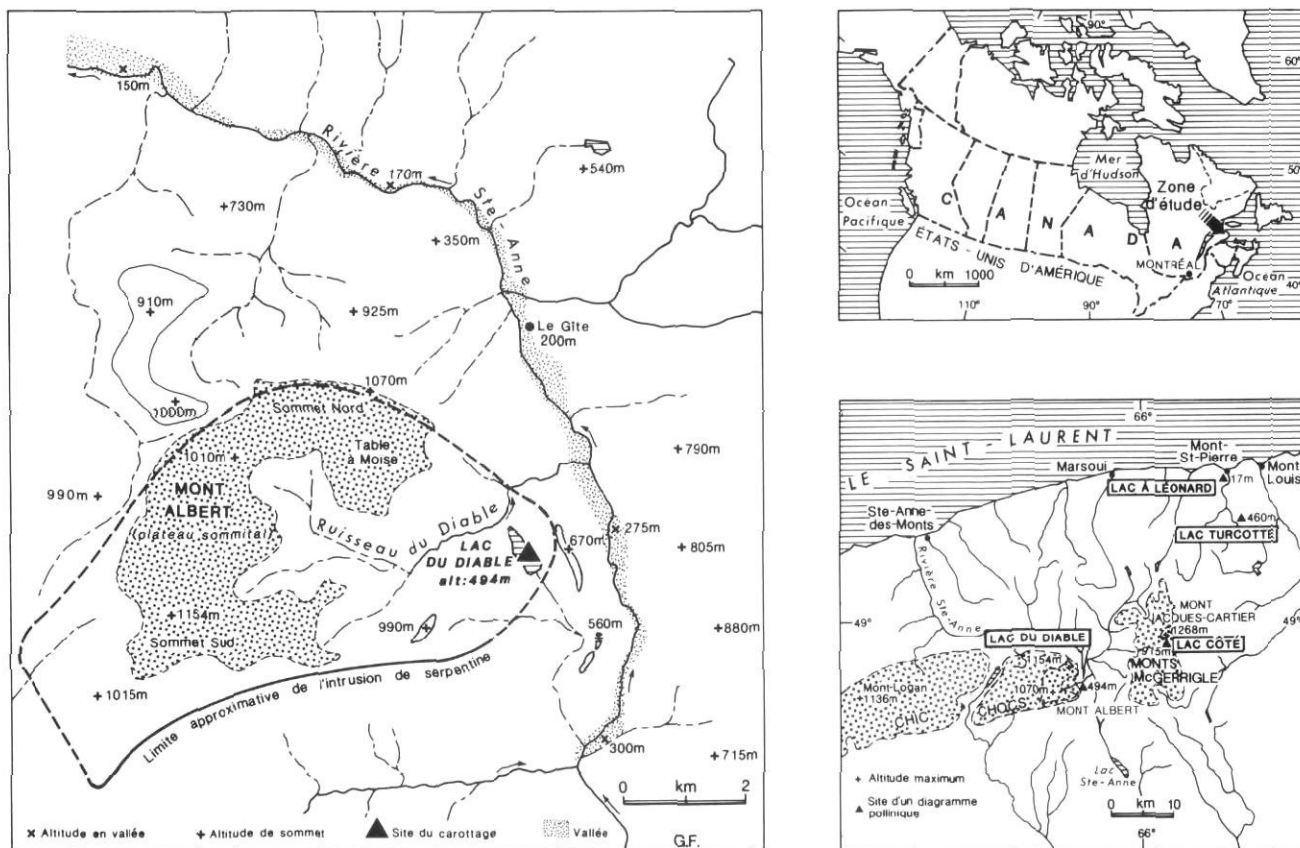


FIGURE 1. Localisation du lac du Diable et des sites voisins et situation orographique régionale.

Location of the Lac du Diable and neighbouring sites, and regional orographic setting.

s'y trouve exprimée; c'est, au premier chef, la présence de la serpentine, toxique notamment pour les arbres en l'absence d'un humus épais et isolant; puis c'est la faible épaisseur du manteau nival sur le plateau sommital, qui contraste avec les hautes congères en bordure de celui-ci et sur les hauts versants. Ce sont ces conditions qui expliquent le maintien d'une flore sommitale arctique-alpine que l'altitude seule ne saurait préserver de l'envahissement par les arbres, puis de l'extinction éventuelle.

Sur les versants qui mènent à la rivière Sainte-Anne (fig. 1), le cortège floristique s'enrichit et, chez les arbres, le cèdre (*Thuja occidentalis*) et le pin blanc (*Pinus strobus*) sont manifestes à mi-pentes, malgré la dominance du sapin baumier et des épinettes ou celle du bouleau blanc (*Betula papyrifera*) dans les stations ayant été brûlées récemment. Le long de la rivière même, l'érable rouge (*Acer rubrum*) et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) ne sont pas rares, au sein de la sapinière à thuya riveraine. Le frêne noir (*Fraxinus nigra*), le peuplier baumier (*Populus balsamifera*) et l'orme d'Amérique (*Ulmus americana*) ne sont présents sur les dépôts alluvionnaires que dans les secteurs moyen et aval de la vallée de la rivière Sainte-Anne, au nord (fig. 1). Le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) s'allie par ailleurs au sapin sur les moyens et bas versants de la vallée, dans ces secteurs. L'érable à sucre (*Acer saccharum*), pour sa part, forme des

peuplements circonscrits sur les bas versants, au sein du domaine de la sapinière à bouleau jaune, près du Saint-Laurent. Du littoral estuarien au mont Jacques-Cartier, un gradient phytogéographique irrégulier et de grande ampleur s'établit donc le long de la rivière Sainte-Anne jusqu'au mont Albert, sur une distance de 35 km environ.

LE LAC DU DIABLE

Le lac du Diable est situé à 494 m d'altitude sur le flanc oriental du mont Albert (48°54'39" Nord, 66°07'30" Ouest), à l'intérieur de la limite de l'intrusion de serpentine (fig. 1 et 2). À cet endroit, des dépôts meubles glaciaires couvrent irrégulièrement les assises rocheuses. Orienté du sud-est au nord-ouest, de forme généralement rectangulaire mais pointue au nord-ouest (850 m par 200-250 m), le lac couvre 25 ha, mais draine un bassin de taille réduite (2 km²). Il occupe une cuvette rocheuse perchée au flanc du mont, et séparée de la vallée en contrebas par une crête montagneuse atteignant 670 m d'altitude (fig. 1). Il possède un petit effluent qui le relie au ruisseau du Diable, au nord-ouest, et est alimenté par un court ruisseau intermittent qui draine une zone tourbeuse sise au sud-est, dans l'alignement du lac. Ses berges sont partout rocaillieuses, abritant surtout des bosquets de *Cassandra calyculata* et de *Juniperus communis* accompagnés de *Vaccinium uliginosum*, de *Ledum groenlandicum*, d'*Andromeda*



FIGURE 2. Le lac du Diable, vu du nord.
Lac du Diable as viewed from the north.

glaucophylla et de *Nemopanthus mucronatus*. Le mélèze forme une ceinture assez dense et continue sur les pentes douces en marge du lac et, dans le secteur, il ourle régulièrement tous les cours d'eau, souligne les couloirs d'avalanche et s'établit ailleurs surtout sur les cônes d'éboulis provenant des versants abrupts du mont Albert. Les aulnes et le myrique baumier (*Myrica gale*) sont absents des rives mêmes du lac, mais l'aulne crispé (*Alnus crispa*) est localement abondant aux abords du sentier qui longe le ruisseau du Diable puis mène au lac, et se trouve aussi dispersé au sein de la pessière à sapin baumier qui s'étale en retrait du lac. En outre, l'érable rouge et le bouleau blanc sont présents près du lac, ce dernier étant actuellement très rare dans les forêts conifériennes environnantes.

Situé approximativement à mi-chemin entre le plateau sommital du mont Albert et la vallée de la rivière Sainte-Anne, le lac du Diable est particulièrement bien placé pour avoir enregistré les éventuelles fluctuations altitudinales des populations végétales, notamment celles des essences arborescentes qui s'échelonnent le long du gradient orographique.

La dernière déglaciation dans la rivière Sainte-Anne à partir des côtes laurentines, au nord, s'est dirigée vers l'intérieur des terres, au sud, et sans doute des sommets des monts vers la vallée (David, 1987; David et Leblais, 1985). Les cirques du mont Albert furent très probablement actifs au Tardiglaciaire, bien que leur origine puisse être largement antérieure (Hétu et Gray, 1985). La chronologie des événements reste imprécise. Les âges au radiocarbone des premiers sédiments organiques accumulés dans le lac du Diable permettent néanmoins de proposer que le bassin versant ait été libre de glaces avant 10 660 ans BP.

MÉTHODES ET RÉSULTATS

Les sédiments du lac du Diable ont été échantillonnés en 1981 à l'aide d'une sonde à piston de type Livingstone (1955), livrant une carotte de 2,30 m extraite sous 3,27 m d'eau près du centre du lac. Un second prélèvement, sous 1,95 m d'eau

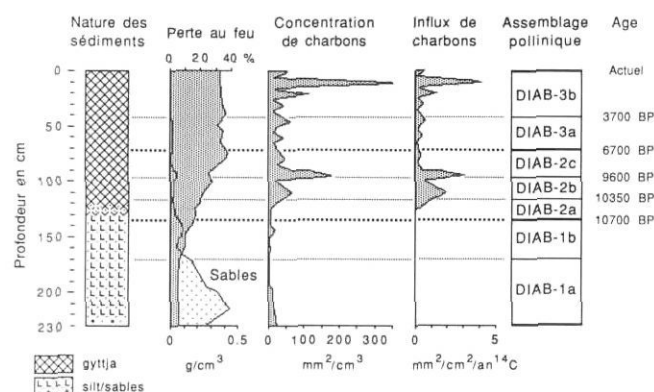


FIGURE 3. Nature des sédiments, perte au feu, contenu en charbons de bois et sables de la carotte centrale selon l'âge et la profondeur, montrant aussi la zonation pollinique.

Sediment type, loss on ignition, charcoal and sand content of the central core with time and depth, showing in addition the pollen zonation.

et à environ 10 m des berges dans la partie nord-est du lac, a fourni 1,29 m de sédiments. Cette carotte latérale a été examinée uniquement pour son contenu en macrorestes végétaux. Au laboratoire, des échantillons de la carotte centrale ont été traités en vue de l'analyse pollinique, selon un procédé inspiré de Faegri et Iversen (1975) et résumé par Richard (1977); pour l'extraction des macrorestes, nous avons suivi la méthode décrite par Larouche (1979).

Les charbons de bois microscopiques ont été dénombrés avec le pollen afin d'obtenir un indice de l'importance relative des feux dans la région du lac du Diable durant la période d'accumulation des sédiments. Les résultats (fig. 3) sont exprimés par unité de surface des particules et transformés en taux nets d'accumulation (en $\text{mm}^2/\text{cm}^2/\text{an}^{14}\text{C}$). La courbe tend à montrer que les incendies furent plus nombreux ou plus importants au début et à la fin de l'Holocène.

NATURE DES SÉDIMENTS ET DONNÉES CHRONOLOGIQUES

Les carottes centrale et latérale présentent une stratigraphie semblable. À la base, les sédiments sont inorganiques, composés essentiellement de graviers, de sables et de limons (fig. 3). D'après un test à l'acide chlorhydrique, ils sont dépourvus de carbonates. Les carottes montrent ensuite une zone de transition d'environ 10 cm où le matériel devient de plus en plus organique. Ce changement progressif s'effectue entre 120 et 130 cm sur la carotte centrale. La courbe de la perte au feu de cette carotte (fig. 3) traduit cependant une augmentation assez régulière de la teneur en matière organique entre 200 et 76 cm, reflétant une transition plus longue et graduelle que celle visible sur la carotte. Le tout est surmonté de gyttja noirâtre très compacte, sauf pour les dix centimètres de surface où les sédiments sont beaucoup plus mous (fig. 3).

Les datations au radiocarbone qui apparaissent au tableau I proviennent des sédiments prélevés au centre du lac, la carotte latérale n'ayant pas fait l'objet de contrôle chronologique. Seules les dates de 2530 ± 90 (BETA-7874), 6950

TABLEAU I
Données chronologiques

Niveaux datés (cm)	Matériel daté	Âge au ^{14}C (non corrigé)	N° du laboratoire de datation
Sur la carotte centrale:			
25 à 35	gyttja	2530 \pm 90	BETA-7874
70 à 80	gyttja	6950 \pm 150	BETA-7875
100 à 110	gyttja	9950 \pm 150	BETA-7876
120 à 130	gyttja silteuse	10 660 \pm 160	BETA-7878
Sur une carotte voisine de la carotte centrale:			
120 à 130	gyttja silteuse	10 230 \pm 150	BETA-7877

± 150 (BETA-7875), 9950 ± 150 (BETA-7876) et 10 660 ± 160 ans BP (BETA-7878) ont été utilisées pour construire la courbe du taux net d'accumulation des sédiments, exprimé en nombre de centimètres par an (fig. 4). Une date de 10 230 ± 150 ans BP (BETA-7877) issue d'une carotte centrale additionnelle distante d'environ 50 cm de la première a aussi été obtenue (tabl. I). Cette datation confirme l'âge supérieur à 10 200 ans BP des premiers sédiments organiques basaux. Toutefois, étant donné leur faible teneur en matière organique, il reste possible que l'âge de 10 660 ans soit légèrement trop vieux. Par ailleurs, nous avons reporté à 95 cm le point d'inflexion de la courbe du taux net d'accumulation des sédiments, dont dépend le calcul des influx polliniques (taux d'accumulation pollinique). Cette interpolation non linéaire entre deux dates atténue un important minimum des influx polliniques qui, autour de 100 cm de profondeur, affecterait tous les taxons et que rien ne justifie dans la sédimentologie ou dans le diagramme pollinique de pourcentages (fig. 5). La courbe retenue nous paraît ainsi refléter plus correctement le taux réel d'accumulation sédimentaire.

Le lac du Diable se caractérise par un taux net d'accumulation des sédiments organiques très faible pour l'ensemble de l'Holocène. À peine 1 mètre de gyttja s'y est en effet déposé depuis 10 000 ans BP, soit à un taux moyen d'environ 0,01 cm/an. Les sédiments inorganiques, dont l'âge est supérieur à 10 600 ans BP, occupent donc près de 45 % de la séquence sédimentaire de la carotte centrale. Aucun problème particulier n'a toutefois été détecté dans les données macrofossiles ou polliniques, pouvant être relié à cette faible accumulation des sédiments organiques à l'Holocène. La résolution temporelle de 1 cm de sédiment est conséquemment de l'ordre de 100 ans, soit cinq à dix fois moindre que celle des sédiments lacustres du Québec méridional, en général.

EXPRESSION DES RÉSULTATS PALÉOBOTANIQUES

Les résultats des analyses macrofossiles apparaissent aux tableaux II et III, portant respectivement sur les carottes centrale et latérale. Y figurent la nature (graines, feuilles, etc.) et le nombre de pièces identifiées pour chaque taxon et pour chaque échantillon analysé. En général, les sédiments ont été étudiés par section de carotte de 5 cm de longueur, ce qui correspond à des volumes d'environ 100 cm³ de sédiment frais. Les ca-

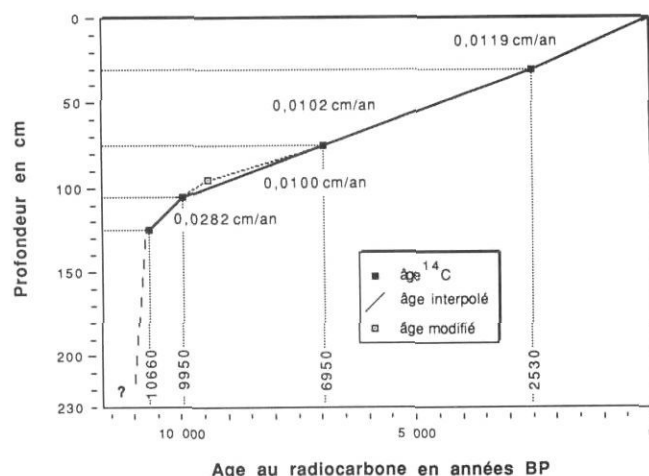


FIGURE 4. Courbe de l'âge selon la profondeur des sédiments et taux nets d'accumulation sédimentaire utilisés pour le calcul des taux nets d'accumulation (influx) pollinique.

Age/depth curve and sediment accumulation rates used to compute the net rates of pollen accumulation (influxes).

rottes centrale et latérale ont été analysées complètement, à l'exception des niveaux utilisés pour la datation au radiocarbone.

Les résultats de l'analyse pollinique sont exprimés sous forme d'un diagramme des pourcentages sporopolliniques (fig. 5) et d'un diagramme des taux nets d'accumulation sporopollinique (influx pollinique: n grains/cm²/an ^{14}C ; fig. 6). Pour raccourcir les diagrammes polliniques, certains taxons en ont été retirés et les données, livrées au tableau IV. L'échelle verticale des diagrammes représente le temps (en années ^{14}C); en conséquence, l'échelle des profondeurs n'est pas linéaire. La somme pollinique de base pour le calcul des pourcentages comprend le pollen de toutes les plantes vasculaires à l'exception de celui des plantes aquatiques. La représentation de ces dernières et celle des Ptéridophytes et des autres microfossiles a été exprimée par rapport à cette somme de base (catégorie «hors-total», fig. 5). La somme pollinique de base comprend en moyenne 500 grains par niveau analysé, sauf dans les sédiments inorganiques, plus pauvres en pollen. La concentration pollinique a été déterminée par contamination avec une suspension de grains d'*Eucalyptus* (Benninghoff, 1962). Cette méthode livre des résultats supérieurs de 30 % en moyenne à ceux obtenus par la méthode de Jørgensen (1967), d'après de Vernal *et al.* (1987). Cela affectera les comparaisons des données de concentration ou d'influx d'un diagramme à un autre, selon la méthode utilisée.

ZONATION DES DIAGRAMMES

Les zones d'assemblage pollinique (zap) sont déterminées d'après les pourcentages des taxons dominants ou l'expression de taxons caractéristiques et sont identifiées par leur nom (Richard, 1977). Elles figurent au tableau V, qui montre aussi la correspondance avec la zonation pollinique numérique de Labelle et Richard (1981a), établie dans les Laurentides au nord-est de la ville de Québec; cette dernière traduit la séquence temporelle des stades de végétation toundrique la

TABLEAU II (suite)

Niveaux en cm:	000	005	010	015	020	035	040	045	050	055	060	065	080	085	090	095	110	115	130	135	140	145	150	155	160	165
	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à
	005	010	015	020	025	040	045	050	055	060	065	070	085	090	095	100	115	120	135	140	145	150	155	160	165	170*
<i>Fragaria-Potentilla</i> graines	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
<i>Viola</i> graines	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rubus pubescens</i> graines	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
AUTRES																										
<i>Potamogeton type pusillus</i> graines	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Isoetes</i> mégaspores	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sphagnum</i> tiges	—	—	—	p	p	—	p	—	p	—	p	—	p	—	p	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mousses tiges	—	—	—	—	p	—	—	p	—	—	—	—	—	—	—	—	p	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ptéridophytes racines	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	p	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Daphnia</i> ephippium	—	—	—	—	—	—	—	—	p	p	—	—	p	p	p	—	p	—	p	—	—	1	—	—	—	—
<i>Chara</i> oogonium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	p	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Najas</i> graines	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Charbons de bois	—	—	peu	—	—	peu	—	—	—	—	—	—	—	M	—	M	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Les niveaux 170 à 230 sont dépourvus de macrorestes. P: présence; M: abondance moyenne; B: beaucoup de charbons.

plus détaillée connue actuellement, pour le Québec méridional, et présente des affinités avec la zonation pollinique du lac du Diable durant la phase d'afforestation (voir la discussion).

INTERPRÉTATION DES DONNÉES

Les zones d'assemblage pollinique traduisent trois phases dans l'évolution postglaciaire du couvert végétal, chacune comprenant deux ou trois zap. La première est une phase initiale non arboréenne, la deuxième, une phase d'afforestation et la dernière, une phase forestière. Les caractères physiologiques de ces phases sont corroborés par les données d'influx pollinique et par l'analyse macrofossile, dont les résultats seront intégrés à l'interprétation des zones d'assemblage pollinique pour la reconstitution du couvert végétal.

PHASE NON ARBORÉENNE (ZONES DIAB-1)

La phase non arboréenne, antérieure à la date basale de 10 660 ans BP, n'apparaît qu'au bas du diagramme de pourcentages polliniques (fig. 5). Les influx de la zone pollinique 1 n'ont pu en effet être calculés en raison de l'absence de contrôle chronologique pour cette période. On y reconnaît la zone DIAB-1a (stade herbacé) et la zone DIAB-1b (stade arbustif). D'autres assemblages polliniques de la phase non arboréenne, tels ceux correspondant au «quasi-désert» de Richard (1977), et à un stade arbustif initial à *Salix* (Labelle et Richard, 1981a) sont absents au lac du Diable (tabl. V).

La zone DIAB-1a, à *Pinus*-Cyperaceae-CP minimum, se distingue par un maximum pollinique de *Pinus* et d'herbes (34 à 41 %), et par des concentrations polliniques (CP) qui sont minimales pour l'ensemble de la carotte. Les principaux taxons herbacés rencontrés sont les Cypéracées, les Graminées, *Artemisia* et les Composées tubuliflores. *Oxyria digyna* y est régulièrement présent et atteint un maximum pollinique de 7 %. Le pollen d'autres taxons arctiques-alpins est toutefois peu représenté dans ce diagramme (fig. 5).

La faible production pollinique des herbes permettait l'enregistrement, à cette époque, des apports lointains de pollen d'arbres, tel *Pinus* dont la représentation se situe entre 20 et 35 %. Les arbustes sont alors peu représentés par leur pollen mais les saules (*Salix*) et *Shepherdia canadensis* pouvaient néanmoins se trouver dans le secteur du lac du Diable. D'autres plantes, comme *Lycopodium annotinum*, *Lycopodium clavatum*, *Sphagnum* et des fougères (spores monolètes) devaient aussi croître près du site. Aucune pièce macrofossile de plantes n'a été observée dans les sédiments de la zone DIAB-1a de la carotte centrale (tabl. II). Seule une diaspore d'*Isoetes* a été identifiée à la base de la carotte latérale (tabl. III). Par ailleurs, pour l'ensemble du profil sédimentaire, c'est dans cette zone que les sables sont les plus abondants et que les pourcentages de la perte au feu atteignent les plus basses valeurs (3 à 6 %; fig. 3). Ces données semblent confirmer le caractère discontinu de la végétation durant la période représentée par la zone DIAB-1a à *Pinus*-Cyperaceae-CP minimum.

TABLEAU III
Données macrofossiles de la carotte latérale

Niveaux:	000 à 005	005 à 010	010 à 015	015 à 020	020 à 025	025 à 030	030 à 035	035 à 040	040 à 045	045 à 050	050 à 055	055 à 060	060 à 065	065 à 070	070 à 075	075 à 080	080 à 085	085 à 090	090 à 095	095 à 100	100 à 105	105 à 110	110 à 115
ARBRES																							
<i>Picea</i>																							
fragments de feuilles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	1	3	-	-	-	-
graines	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Picea mariana</i>																							
feuilles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
fragments de feuilles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
graines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Picea glauca</i>																							
feuilles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
fragments de feuilles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	-	-	-	-
<i>Larix laricina</i>																							
feuilles	1	-	1	-	1	-	-	1	-	2	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
fragments de feuilles	8	11	6	12	6	16	6	10	8	5	32	12	8	10	14	13	-	3	1	8	-	-	-
<i>Abies balsamea</i>																							
fragments de feuilles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
graines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
écaillés de cônes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Conifères																							
fragments de feuilles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Betula papyrifera</i>																							
graines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Betula</i>																							
graines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
bractées femelles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
ARBUSTES																							
<i>Betula glandulosa</i>																							
graines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-
bractées femelles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-
<i>Dryas integrifolia</i>																							
fragments de feuilles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-
<i>Chamaedaphne</i>																							
calyculata																							
fragments de feuilles	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
graines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HERBES																							
<i>Scirpus</i>																							
graines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
AUTRES																							
Isoetes																							
mégasporés	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-
Mousses																							
tiges	-	-	-	-	-	-	-	P	-	-	-	-	P	-	P	-	P	-	-	-	P	-	-
Ptérédiphytes																							
racines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia</i>																							
ephippium	-	-	-	-	-	-	-	-	P	-	-	P	-	-	P	P	-	P	P	P	-	-	-
<i>Chara</i>																							
oogonium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	-	P	-	-	-	-	-	-	-

P: présences.

La zone DIAB-1b, à *Betula* (nain)-Cyperaceae, se caractérise par une augmentation marquée des pourcentages de *Betula* et par la présence de macrorestes d'arbustes et d'herbes. La représentation pollinique de *Betula* s'élève à 40 % et plus; il s'agit principalement de bouleaux arbustifs (diamètre des grains de pollen autour de 20 microns), dont *Betula glandulosa* (présence macrofossile). Les aulnes (*Alnus crispa* et *Alnus rugosa*) paraissent alors encore absents ou peu abondants près du lac. La végétation riveraine comprenait sans doute le myrique baumier (*Myrica gale*), aujourd'hui absent ou très rare, car sa courbe pollinique devient continue et des valeurs de 1,2 % y sont atteintes. Les herbes demeurent bien représentées par leur pollen (autour de 20 %) dans cette zone 1b. Il est probable qu'elles occupaient même plus d'espace que durant la période précédente car les forts pourcentages de *Betula* ont pu faire baisser leur représentation

pollinique. La zone DIAB-1b correspond à une période pendant laquelle la couverture végétale s'est nettement densifiée, tant par les herbes que par les arbustes. Des pièces macrofossiles de *Salix*, de *Ranunculus*, de *Scirpus*, de *Fragaria/Potentilla* et de *Dryas integrifolia* ont été trouvées entre les niveaux 1,35 et 1,65 m de la carotte centrale (tabl. II). Celles de *Betula glandulosa* apparaissent dans la carotte latérale, en compagnie de *Dryas integrifolia* et de *Scirpus* (1,00 à 1,05 m), juste en-dessous des niveaux contenant des macrorestes d'arbres (tabl. III). Les pourcentages polliniques de *Picea* augmentent toutefois lentement dans la zone DIAB-1b, annonçant l'arrivée prochaine des épinettes dans le secteur. La densification de la végétation semble se refléter aussi dans les sédiments eux-mêmes: d'abord, la courbe de la perte au feu laisse voir une plus grande proportion de matière organique; ensuite, la quantité de sable accuse une baisse notable par rapport

TABLEAU IV

Représentation des taxons non compris dans les diagrammes

Arbustes:	
<i>Nemopanthus - Ilex</i> :	0,2 à 10 cm; 0,1 % à 65 cm
<i>Rhus</i> :	0,4 % à 105 cm
<i>Viburnum</i> :	0,1 % à 90 cm; 0,1 % à 100 cm;
	0,1 % à 110 cm
<i>Viburnum edule</i> :	0,3 % à 115 cm
Herbes:	
<i>Arceuthobium pusillum</i> :	0,1 % à 65 cm
<i>Campanula</i> (type):	0,2 % à 40 cm; 0,2 % à 130 cm
Cruciferae:	0,4 % à 130 cm
<i>Impatiens</i> :	0,6 % à 230 cm
Leguminosae:	0,1 % à 140 cm
Liliaceae:	0,1 % à 65 cm
Onagraceae:	0,1 % à 110 cm; 0,3 % à 215 cm;
	0,6 % à 230 cm
<i>Plantago</i> :	0,9 % à 145 cm
<i>Polygonum</i> :	0,3 % à 85 cm
Ranunculaceae:	0,4 % à 160 cm
Hors total:	
<i>Myriophyllum</i> :	0,1 % à 110 cm
<i>Nymphaea</i> :	0,2 % à 45 cm
<i>Osmunda type regalis</i> :	0,2 % à 20 cm
<i>Pediastrum</i> :	1,5 % à 5 cm; 0,4 % à 130 cm
<i>Pediastrum angulosum</i> :	0,4 % à 45 cm
<i>Selaginella</i> :	0,2 % à 25 cm
<i>Selaginella selaginoides</i> :	0,3 % à 0 cm; 0,3 % à 215 cm

à la zone DIAB-1a (fig. 3). Les algues planctoniques (*Pediastrum*) atteignent un maximum de représentation en zone 1b, les eaux étant riches et limpides à l'époque (fig. 5).

La durée de la phase non arboréenne ne peut être établie directement par datation en raison de la pauvreté des sédiments en carbone datable pour les niveaux 230 à 125 cm. On peut toutefois tenter de l'estimer en extrapolant, vers le bas, les données du taux d'accumulation pollinique calculées pour les niveaux immédiatement sus-jacents, par le truchement des concentrations polliniques mesurées. Pour un influx pollinique hypothétique moyen de 1000 grains/cm²/an dans les sédiments inorganiques, ceux-ci représenteraient une durée de 850 ans. C'est sans doute un maximum, les influx ayant pu être beaucoup moindres. On peut néanmoins admettre sans peine qu'au moins quelques siècles se sont écoulés durant la phase non arboréenne, ce qui livre un ordre de grandeur de la durée de la colonisation végétale initiale et porte à près de 11 000 ans BP l'âge minimal de la déglaciation du bassin du lac du Diable.

PHASE D'AFFORESTATION (ZONES DIAB-2)

La présence continue du pollen de *Populus* (peuplier baumier ou peuplier faux-tremble) marque le début de la phase d'afforestation, quelque temps avant 10 660 ± 160 ans BP, vers les niveaux 1,3-1,4 m. Elle se termine aux alentours de 7000 ans BP (0,75 m) lorsque la représentation pollinique de l'aulne vert (*Alnus crispa*) tombe sous les 10 % et que le pollen de *Populus* disparaît presque entièrement des spectres (fig. 5). Trois zones d'assemblage pollinique sont reconnues:

la zone DIAB-2a, à *Betula* nain et *Populus*, la zone DIAB-2b, à *Betula-Picea-Alnus crispa*, et la zone DIAB-2c, à *Alnus crispa-Betula* (fig. 5 et tabl. V). Diverses espèces arborescentes ont participé à l'afforestation de la région. Pour les arbres, en plus de *Populus*, on retrouvait alors l'épinette noire (*Picea mariana*), l'épinette blanche (*Picea glauca*), le bouleau blanc (*Betula papyrifera*), le mélèze (*Larix laricina*) et le sapin baumier (*Abies balsamea*). À l'exception de *Populus*, la présence de tous ces taxons est attestée par leurs macrorestes, entre environ 10 700 et 9500 ans BP (tabl. II et III, entre 95 et 120, et 95 et 100 cm respectivement).

Les pourcentages polliniques des herbes diminuent assez rapidement pendant l'afforestation. Ils sont encore supérieurs à 10 au début de la zone DIAB-2a, mais dès 9500 ans BP (0,95 m) les herbes ne totalisent plus que 1 ou 2 %, vers la fin de la zone DIAB-2b (fig. 5). La tendance est la même lorsque les pourcentages sont transformés en influx polliniques (fig. 6). Par ailleurs, la quantité de sables dans les sédiments (fig. 3) diminue considérablement au cours de l'afforestation, bien qu'on en retrouve encore des traces au début de la phase forestière. Quant aux valeurs de la perte au feu (fig. 3), elles ont d'abord continué d'augmenter pour finalement se stabiliser autour de 25 % vers 9500 ans BP.

Après le début de l'afforestation, dans la zone DIAB-2b, la représentation pollinique de *Picea* atteint rapidement un maximum autour de 10 100 à 9800 ans BP. Le spectre 1,10 m (daté de 10 100 ans BP environ) enregistre la plus forte proportion, soit 32,2 %. Durant cette période, ses influx pourront dépasser 1000 grains/cm²/an; par la suite, il faudra attendre au moins 5000 ans pour que de telles valeurs soient de nouveau atteintes par les épinettes. Leurs premiers macrorestes surviennent toutefois vers 10 500-10 300 ans BP (1,20 à 1,15 m), à la fin de la zone DIAB-2a (tabl. II). Une graine attribuable à *Picea* type *glauca* est présente dans les sédiments datés de 10 300-10 100 ans BP (1,10 à 1,15 m); celles de *Picea* type *mariana* suivent, vers 9800-9500 ans BP (0,95 à 1,00 m). Dans la carotte latérale, les sédiments correspondants (1,00 à 0,80 m) contiennent des macrorestes des deux espèces (tabl. III).

Après ce maximum pollinique initial, les pourcentages de *Picea* baissent régulièrement; un minimum pour l'ensemble de l'Holocène se dessine entre 9500 et 7000 ans BP environ, dans la zone DIAB-2c. Dans trois spectres sur quatre, entre les niveaux 0,95 et 0,75 m, les pourcentages de l'épinette, toutes catégories confondues, se maintiennent au-dessous de 10 et les influx, en bas de 400 grains/cm²/an.

La hausse initiale des pourcentages de *Picea* a provoqué une chute de ceux de *Betula*. Ainsi, au maximum de 32,3 % des épinettes (zone DIAB-2b) correspond un minimum de 22 % des bouleaux (niveau 1,10 m daté de 10 100 ans BP). De 10 700 à 10 100 ans BP, les influx des bouleaux demeurent toutefois assez stables, autour de 1000 à 1500 grains/cm²/an, ce qui permet de corriger la représentation mutuelle des taxons livrée par les pourcentages. Le bouleau glanduleux, représenté d'ailleurs par ses macrorestes dans la carotte latérale (tabl. III), devait toujours croître dans le paysage, même si les arbres prenaient de plus en plus d'importance. Le diamètre équatorial des grains de *Betula*, encore relati-

TABLEAU V
Assemblages polliniques du lac du Diable (Gaspésie) et du lac à l'Ange (Laurentides)

Phase de végétation	Lac du Diable (494 m)		Lac à l'Ange (640 m)	
	(prof.) n° de zone	âges ¹⁴ C BP	n° de zone	âges ¹⁴ C BP
forestière	000 cm	actuel	—	actuel
	DIAB-3b <i>Betula-Picea-Abies</i>		Ange-3b <i>Betula-Picea-Abies-Pinus</i>	
	042 cm	3 500	—	5 000
	DIAB-3a <i>Betula-Picea-Abies</i> (à <i>Pinus</i>)		Ange-3a <i>Betula-Pinus-Picea-Abies</i>	
	072 cm	7 000	—	8 800
afforestation	DIAB-2c <i>Alnus crispa-Betula</i>		Ange-2c* <i>Alnus crispa-Betula</i>	
	097 cm	9 500	—	9 200
	DIAB-2b <i>Betula-Picea-Alnus crispa</i>		Ange-2b* <i>Betula-Picea-Alnus crispa</i>	
	117 cm	10 300	—	9 600
	DIAB-2a <i>Betula nain-Populus</i>		Ange-2a <i>Betula nain-Populus-Juniperus</i>	
	135 cm	10 700	—	10 700
non arboréenne	DIAB-1b <i>Betula nain-Cyperaceae</i>		Ange-1d <i>Salix-Cyperaceae-Artemisia</i>	
	170 cm	—	—	—
	DIAB-1a <i>Pinus-Cyperaceae-CP minimum</i>		Ange-1c <i>Cyperaceae-Gramineae-Oxyria digyna</i>	
	230 cm	—	—	—
			Ange-1b <i>Salix-Gramineae-Cyperaceae</i>	
			—	
			Ange-1a <i>Pinus-CP minimum</i>	

* Le ré-examen du diagramme pollinique du lac à l'Ange (et des lacs à la Fourche et Marcotte, voisins) a permis de subdiviser la sous-zone 21b originale de Labelle et Richard (1984) en deux assemblages polliniques, homologues des zones 2b et 2c du lac du Diable, montrant un maximum pollinique initial de *Picea* (zones 2b), précédant le maximum d'*Alnus crispa* (zones 2c). Le même phénomène apparaît au lac Mimi (Richard et Poulin, 1976), vers 9800-9600 ans BP. *Alnus crispa* y reste dominant jusque vers 7000 BP.

vement petit (autour de 20 microns) à cette époque, indique la dominance des bouleaux arbustifs, mais le bouleau blanc (*Betula papyrifera*) s'était déjà implanté dans le secteur, comme en font foi les premières graines ou bractées de cette espèce qui ont été identifiées dès 10 500-10 300 ans BP, dans la zone DIAB-2a (1,15 à 1,20 m de la carotte centrale; tabl. II).

Les pourcentages polliniques de *Betula* tendent à s'élever après 10 000 ans BP (fig. 5). On note aussi une hausse de ses influx (fig. 6) qui atteignent ou dépassent 1500 grains/cm²/an, de même qu'une augmentation de diamètre moyen de son pollen (environ 25 microns). La présence accrue du bouleau blanc est confirmée par ses macrorestes qu'on retrouve un peu plus souvent dans la partie supérieure de la zone DIAB-2b, vers 9800-9500 ans BP (0,95 à 1,00 m, tabl. II). C'est aussi à ce moment qu'apparaissent dans la carotte centrale les pièces macrofossiles du mélèze (*Larix laricina*). Ses aiguilles sont particulièrement nombreuses: on en dénombre plusieurs dizaines de fragments par cinq centimètres (100 cm³) de sédiments (tabl. II). Sa courbe pollinique restera toutefois très discontinue (maximum de 0,1 %) durant toute l'afforestation. Il est à souligner que la régression des épinettes, à partir de 10 000 ans BP, coïncide assez étroitement avec une nette augmentation de la représentation macrofossile du mélèze et du bouleau blanc, en zone DIAB-2c (72 à 97 cm).

Durant toute la période représentée par la zone 2c, l'expansion des populations de bouleau blanc apparaît par ailleurs nettement freinée, tant d'après leur représentation relative (pourcentages, fig. 5) que d'après leur représentation absolue (taux d'accumulation polliniques, fig. 6).

Dès le début de l'afforestation, la représentation pollinique de l'aulne vert (*Alnus crispa*) s'élève régulièrement. Vers 10 000 ans BP, elle commence à dépasser 20 %, avec des influx de plus de 1000 grains/cm²/an; moins de 300 ans plus tard, les pourcentages atteignent des valeurs supérieures à 30 ou 40, dans la zone DIAB-2c. Un maximum de 52 %, avec près de 2600 grains/cm²/an, apparaît au niveau 0,80 m daté d'environ 7650 ans BP. Une forte baisse de la représentation de l'aulne vert s'amorce après ce maximum, marquant la fin de la zone d'assemblage pollinique. Les pourcentages polliniques passent de 35,7 (1540 grains/cm²/an) à 7,6 (346 grains/cm²/an) entre 7000 (0,75 m) et 6500 ans BP (0,70 m) environ. C'est aussi vers 7000 ans BP que la représentation pollinique du sapin baumier augmente sensiblement dans le diagramme. Avant cette époque, sa courbe était discontinue et ses pourcentages, toujours en bas de 1; la découverte de quelques aiguilles ou graines de sapin confirme néanmoins sa présence durant l'afforestation (tabl. II). Pendant la même période, aucun macroreste d'aulne n'a toutefois été identifié.

LAC DU DIABLE (CENTRE) GASPÉSIE, MONT ALBERT
 48°54' 30"N 66°07' 30"W ALT.: 500 MÈTRES
 ANALYSE: SRAP, 1984 ET 1988 (DIP-AGE) COMPLET

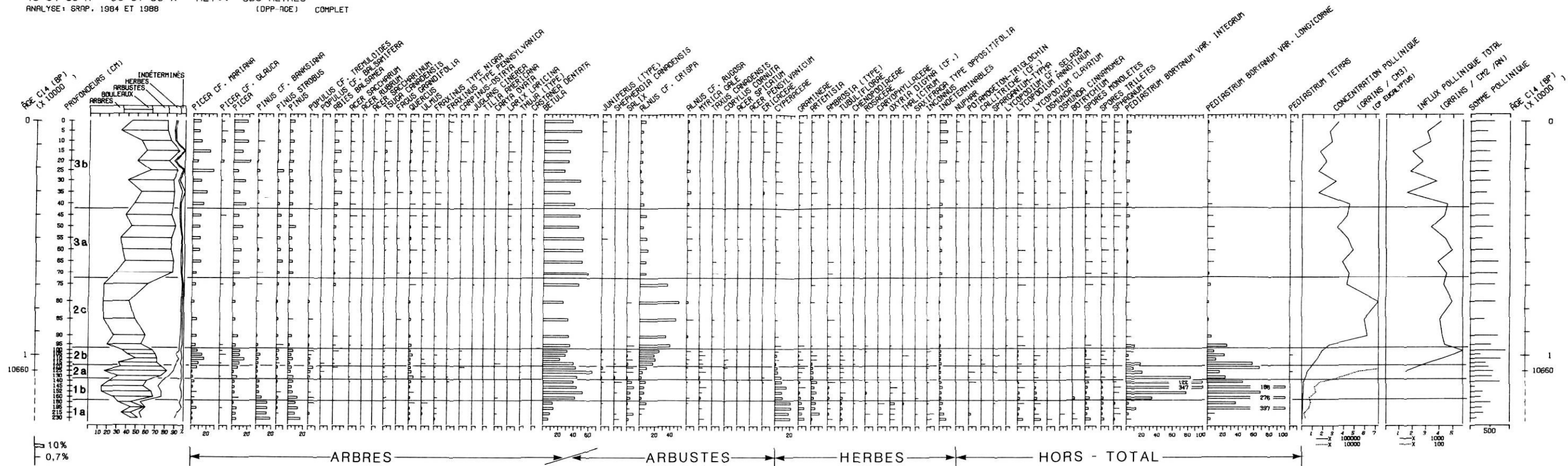


FIGURE 5. Diagramme des pourcentages polliniques des principaux taxons selon le temps depuis 10 660 ans BP. L'échelle des profondeurs n'est pas linéaire.

Pollen percentage diagram of the main taxa with time, since 10,660 years BP. The depth scale is not linear.

LAC DU DIABLE (CENTRE) GASPÉSIE, MONT ALBERT
 48°54' 30"N 66°07' 30"W ALT.: 500 MÈTRES
 ANALYSE: SRAP, 1984 ET 1988 (DIP-AGE) COMPLET
 INFLUX POLLINIQUE

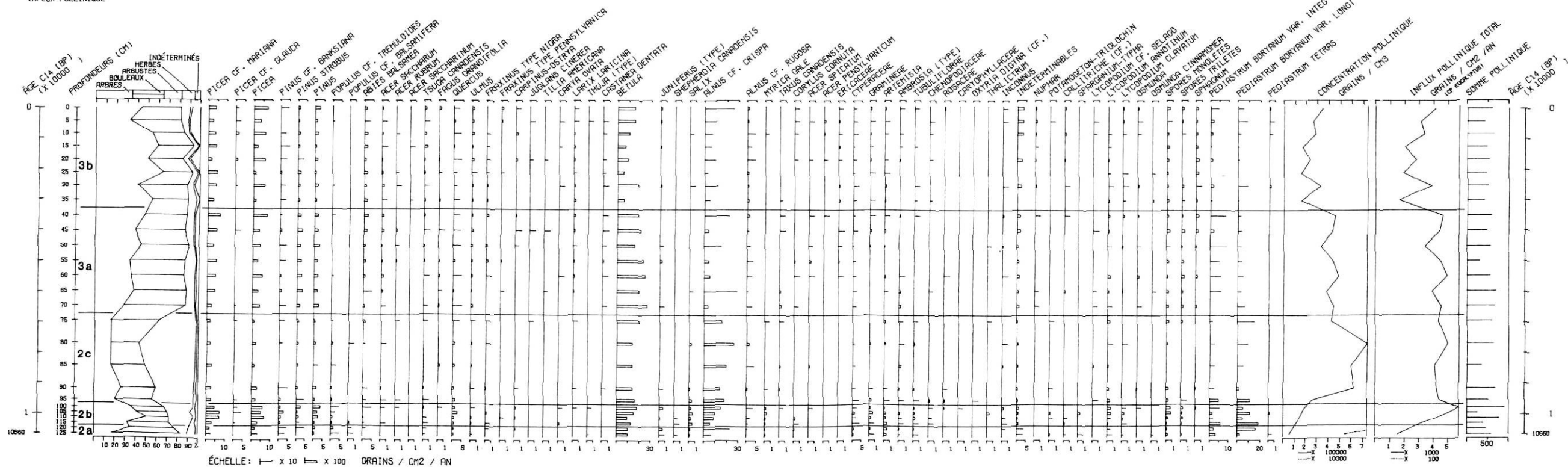


FIGURE 6. Diagramme des influx polliniques des taxons majeurs.

Pollen influx diagram of the major taxa.

Jusque vers 10 000 ans BP, au milieu de la zone DIAB-2b, les sédiments de la carotte centrale présentent des pièces macrofossiles d'épinettes, de bouleaux blancs, de bouleaux glanduleux, de saules, de *Vaccinium* ou de *Dryas integrifolia*; dans la carotte latérale, des graines de bouleaux glanduleux apparaissent à des niveaux (0,90 à 0,85 m) plus jeunes que ceux (0,95 à 1,00 m) où se trouvent aussi des macrorestes de sapins, d'épinettes et de mélèzes. Ce genre d'assemblage correspond à une période de transition pendant laquelle des arbres, récemment arrivés, côtoyaient les arbustes ou les herbes qui caractérisaient exclusivement la phase non arboréenne (zones 1). Selon les données macrofossiles de la carotte centrale, il s'est écoulé un minimum de 600 ans entre l'arrivée des arbres (autour de 10 700 ans BP) et la régression locale de *Dryas integrifolia* ou de *Betula glandulosa* (vers 10 100 ans BP). D'autres plantes ont certainement subi une chute importante de leurs populations, comme *Shepherdia canadensis*, dont le pollen disparaît des spectres vers 10 100 ans BP (1,10 m); quelques siècles plus tard, la courbe de *Myrica gale* devient très discontinue (vers 1,0 m). Quant à *Oxyria digyna*, son pollen n'a été identifié qu'à un seul spectre durant toute l'afforestation, alors qu'il apparaissait régulièrement dans les assemblages polliniques des zones DIAB-1a et DIAB-1b; il est probable que le nombre d'individus de cette espèce a rapidement diminué dès l'apparition des premières formations forestières, près du lac du Diable. Par contre, les saules sont restés abondants pendant une bonne partie de l'afforestation, plusieurs espèces pouvant s'être relayées; la courbe pollinique de *Salix* reste continue jusqu'à la zone DIAB-2c, vers 9150 ans BP (0,90 m), et ses macrorestes se retrouvent encore aux niveaux 0,90 à 0,85 m datés d'environ 9200-8500 ans BP (tabl. II). La représentation des Cypéracées, des Graminées, des Composées tubuliflores et d'*Artemisia* devient discontinue aux alentours de 8400 ans BP (vers 0,85 m), dans la zone DIAB-2c. Pour le reste de l'Holocène, la présence des Composées tubuliflores et des saules sera limitée à quelques spectres, tandis que le pollen des Cypéracées sera rencontré presque à tous les niveaux. La régression asynchrone des herbes et de certains arbustes (*Salix*, *Shepherdia canadensis*) traduit les réactions écologiques particulières de chacun des taxons impliqués.

À l'opposé, d'autres plantes ont accru leur nombre durant l'afforestation. La courbe pollinique du genévrier (*Juniperus communis*) indique qu'il fut un peu plus abondant qu'auparavant, bien qu'aucun macroreste n'en ait été trouvé dans les sédiments. De même pour *Corylus cornuta*. Sans dépasser 0,2 %, le pollen des viornes (*Viburnum* sp. et *Viburnum edule*) n'a été identifié que dans les assemblages des zones 2b et 2c. L'if du Canada (*Taxus canadensis*) s'est par ailleurs imposé dans la flore riveraine ou extra-locale vers 9800-9500 ans BP (1,00 à 0,95 m), comme en témoigne, outre le pollen, la présence de quelques aiguilles dans la carotte centrale en zone DIAB-2b. L'arrivée de *Taxus* coïncide notamment avec la disparition des macrorestes de *Dryas integrifolia*. À partir de 9150-8500 ans BP (0,90 à 0,85 m), c'est au tour d'un autre arbuste, *Chamaedaphne calyculata* d'être représenté assez régulièrement par ses macrorestes, dans la zone DIAB-2c.

En ce qui concerne les Ptéridophytes ou les plantes aquatiques, aucun changement majeur n'est survenu durant l'afforestation (fig. 5): *Lycopodium annotinum*, *Lycopodium clavatum*, des fougères (spores monolètes et trilètes) sont encore bien représentés, et ils le resteront lors de la phase forestière (zones 3). Le pollen de *Potamogeton* est toutefois concentré pendant l'afforestation, alors que les spores de *Sphagnum* y régressent quelque peu. Des macrorestes de ces derniers taxons sont trouvés, épars, depuis 9500 ans BP (tabl. II). Les *Pediastrum* restent abondantes au début de l'afforestation, en zones 2a et 2b, mais régressent en zone 2c, tant en pourcentages qu'en influx. Cela traduit sans doute l'existence d'eaux plus troubles ou acides qu'auparavant.

PHASE FORESTIÈRE (ZONES DIAB-3)

Les assemblages polliniques de cette phase sont caractérisés par la forte proportion du pollen des arbres (plus de 80 %). Quatre taxons dominent: ce sont *Betula* (30 à 60 %), *Picea* (20 à 35 %), *Pinus* (3 à 15 %) et *Abies balsamea* (0,7 à 5 %). *Betula* et *Pinus* présentent un maximum de représentation pollinique en zone DIAB-3a, *Picea* et *Abies*, en zone DIAB-3b. La représentation des herbes s'établit à moins de 2 % et celle des arbustes n'atteint pas 12 %. À partir de 7000 ans BP environ, le domaine forestier régional paraît avoir acquis trop d'importance dans le paysage pour que les plantes des milieux ouverts, notamment l'éventuelle toundra sommitale du mont Albert, puissent être reflétées par leur pollen dans les sédiments du lac du Diable. La présence de la toundra sommitale durant tout l'Holocène est donc conjecturale, fondée essentiellement sur une extrapolation, dans le passé, des conditions actuelles du maintien de cette toundra édaphique et d'exposition.

Autour du lac du Diable, au début de la phase forestière, il y a une augmentation de la représentation de *Betula*, d'*Abies*, de *Picea* et même de *Larix laricina*; ces taxons ont pu alors coloniser les stations occupées auparavant par l'aulne crispé et les peupliers. Près du lac même, la flore des rives et du sous-bois se reconnaît à peine dans les spectres polliniques, et elle ne se modifiera guère au cours des millénaires qui vont suivre. Les plantes représentées dans les sédiments par leurs macrorestes sont: *Carex*, *Viola*, *Ledum groenlandicum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda glaucophylla*, *Juniperus communis*, les *Vaccinium* et *Sphagnum*. La courbe pollinique des nénuphars (*Nuphar*) montre que ces derniers se sont développés dans le lac surtout durant la phase forestière. Pendant ce temps, près du bassin, l'if du Canada (*Taxus canadensis*) devint moins abondant qu'au début de l'Holocène; vers 6000 ans BP, son pollen se fera de plus en plus rare dans les spectres, et dès 9000 ans BP, ses macrorestes ne seront plus identifiés dans les sédiments.

La courbe des pourcentages de *Betula* présente un maximum entre 6500 et 4000 ans BP (0,70 à 0,45 m). Durant cet intervalle, les valeurs vont de 49 à 59 %. Il y a ensuite une diminution de la représentation pollinique du bouleau, de 4000 à 2500 ans BP (0,50 à 0,30 m), période où ses pourcentages varieront entre 40 et 48. Après 2000 ans BP, des pourcentages de 40 et plus ne seront plus atteints que dans un seul spectre sur cinq. Les influx (fig. 6) montrent la même tendance gé-

nérale, c'est-à-dire un léger maximum suivi d'une baisse qui se poursuivra plus ou moins régulièrement jusqu'à nos jours. Les sédiments du lac du Diable sont pauvres en pièces macrofossiles de bouleau blanc; dans la carotte centrale, de une à quatre graines seulement ont été dénombrées à tous les niveaux analysés ou presque (tabl. II), ce qui est beaucoup moins qu'au lac Turcotte, au nord-est (fig. 1) (Labelle et Richard, 1984). En outre, sauf à la base, la carotte latérale ne contient pas de macrorestes de bouleaux, qu'ils soient arborescents ou arbustifs (tabl. III). Les populations de bouleaux blancs seraient donc en régression depuis quelque 4500-5000 ans BP. Les données macrofossiles semblent aussi indiquer qu'ils n'ont jamais abondé dans la flore riveraine, celle des environs immédiats du lac. Enfin, une seule graine attribuable au bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) fut trouvée, et ce, dans les sédiments datés d'environ 3000-3500 ans BP (0,35 à 0,40 m de la carotte centrale). Actuellement, cette espèce est absente du secteur à l'étude.

Entre 6500 et 3500 ans BP (0,70 à 0,40 m), dans la zone DIAB-3a, un léger maximum pollinique apparaît sur les courbes de *Pinus* (total) ou de *Pinus strobus* (fig. 5). Par exemple, pour *Pinus* (total), les pourcentages se situent entre 9 et 15; pour le reste de l'Holocène, les valeurs seront le plus souvent inférieures à 10 %. Aucune pièce macrofossile de pin n'a été rencontrée dans les sédiments. Nous constatons, comme chez *Betula*, un faible maximum de *Pinus* précédant une baisse de sa représentation, tant en pourcentages qu'en influx. Contrairement au bouleau blanc, il est toutefois probable que le pin blanc n'a jamais fait partie de la végétation du bassin versant du lac du Diable. Le maximum pollinique de *Pinus* représenterait l'expansion postglaciaire du pin blanc, mais dans des endroits de plus basse altitude, essentiellement sur les versants menant à la rivière Sainte-Anne (fig. 1).

Une nette augmentation des pourcentages et des influx du sapin baumier s'observe à partir de 7000 ans BP (0,75 m). Son pollen sera identifié à tous les niveaux et sa représentation ne descendra qu'une seule fois sous 1 %. L'histoire holocène du sapin semble se dérouler à l'inverse de celle du bouleau blanc ou du pin blanc. Dans les sept spectres polliniques de la zone DIAB-3a, datés de 7500 à 4500 ans BP (0,80 à 0,50 m), les pourcentages du sapin vont de 0,2 à 2,7. Après cette période, dans la zone DIAB-3b, sa représentation pollinique tend à augmenter; dans huit des dix spectres âgés de 4500 ans BP et moins, les valeurs sont supérieures à 2,5 % (maximum de 10,2 % à 0,25 m). Quant aux influx, ils suivent la tendance des pourcentages et deviennent, dans l'ensemble, plus élevés après 4500 ans BP. L'augmentation des populations de sapins s'est surtout manifestée autour de 7000 ans BP; par la suite, leur abondance a varié plusieurs fois durant la dernière partie de l'Holocène, dans la zone DIAB-3b. Peu de pièces macrofossiles de sapin baumier apparaissent dans les sédiments, ce qui souligne le fait que cette essence est assez peu représentée par ses macrorestes et qu'elle n'a jamais formé une ceinture dense ou continue sur les rives mêmes du lac.

L'histoire de *Picea* durant la phase forestière ressemble à celle d'*Abies balsamea*. Ses pourcentages polliniques augmentent au début de la zone DIAB-3a (après 7000 ans BP),

sous l'effet de la baisse de ceux d'*Alnus crispa*. Comme les influx polliniques s'accroissent concurremment (fig. 6), les épinettes devinrent effectivement plus abondantes dans la végétation. Entre 7000-6500 et 4000 ans BP environ (0,75-0,70 à 0,45 m), la représentation pollinique des épinettes reste toujours inférieure à 23 % (14,1 à 22,3 %). De 4000 ans BP jusqu'à la période actuelle, en zone DIAB-3b, les pourcentages totaux de *Picea* deviennent supérieurs à 21, les valeurs allant de 27 à 37 dans six des dix spectres analysés; les influx y atteindront les 1000 grains/cm²/an. Pour *Picea*, cette quantité de pollen n'aura été atteinte qu'au tout début de l'Holocène, lors de son maximum pollinique en zone DIAB-2b. Depuis 7000 ans BP, les macrorestes d'épinettes sont retrouvés régulièrement dans les sédiments de la carotte centrale, mais ils n'abondent toutefois pas (tabl. II). *Picea* type *mariana* apparaît comme l'espèce la plus commune, bien que *Picea* type *glauca* soit présent depuis l'afforestation. C'est la même tendance dans la carotte latérale, mais les pièces d'épinettes blanches n'y sont présentes que durant l'afforestation (1,00 à 0,80 m) (tabl. III). Aucune hausse marquée du nombre de macrorestes d'épinettes n'a été observée pour la dernière moitié de l'Holocène; au contraire, les cinquante centimètres de surface des sédiments latéraux sont exempts de toute pièce d'épinette. Il est donc probable que la plus grande abondance du pollen de *Picea*, après 4000 ans BP, provienne essentiellement de sources régionales, non riveraines.

Tous les spectres polliniques âgés de 6000 ans BP (0,65 m) et moins contiennent du pollen de *Larix laricina*. Les pourcentages y sont faibles, de 0,1 à 0,5, mais c'est une espèce très sous-représentée polliniquement (Richard, 1976). Ainsi, sa courbe pollinique, quand elle est continue (fig. 5), reflète sans doute une population assez nombreuse de mélèzes dans la végétation. À l'inverse, le mélèze se trouve sur-représenté par ses macrorestes car, contrairement aux autres conifères, il renouvelle toutes ses aiguilles chaque année. L'abondance de ses macrorestes à tous les niveaux des carottes centrale et latérale atteste néanmoins de son omniprésence et probablement de sa dominance proche des rives du lac depuis près de 10 000 ans BP. L'interprétation proposée précédemment, touchant l'absence d'*Abies balsamea*, de *Picea* cf. *mariana* et de *Betula papyrifera* en position strictement riveraine, renforce cette reconstitution d'un mélezin riverain pérenne durant tout l'Holocène, jusqu'à nos jours.

Au cours de l'Holocène, d'autres arbres sont parvenus dans la région du lac du Diable. C'est le cas de l'érable rouge (*Acer rubrum*) que nous avons pu observer aujourd'hui à quelques mètres des berges du lac. Le cèdre (*Thuja occidentalis*) n'a toutefois pas été rencontré aux abords de celui-ci; il croît pourtant en nombre appréciable, localement, à moins de 2 km de là mais à plus basse altitude, près de la rivière Sainte-Anne. Les courbes polliniques très discontinues de ces deux essences indiquent qu'elles ont toujours constitué, vers l'altitude du lac du Diable, des éléments mineurs (érable rouge) ou étaient absents (cèdre) de la strate arborescente. L'hypothèse de l'absence du cèdre tout au long de l'Holocène au lac du Diable, en position riveraine, est corroborée par l'absence de ses macrorestes dans les sédiments. En effet,

on les trouve régulièrement dans ceux de l'Holocène supérieur d'autres lacs gaspésien où les cédrières riveraines sont présentes (lac à la Fourche, comté de Rivière-du-Loup; lac à Robin et lac Caribou, comté de Bonaventure; données inédites).

La courbe pollinique d'*Acer saccharum* est continue depuis environ 6500 ans BP (0,70 m). Sa représentation s'établira alors entre 0,1 et 0,9 % (fig. 5). Cinq fois sur huit entre 6000 et 2500 ans BP (0,65 à 0,30 m), les pourcentages atteindront des valeurs égales ou supérieures à 0,6. Il est possible qu'à ce léger maximum corresponde une période d'extension postglaciale de l'érable à sucre en Gaspésie. Cette espèce est en effet un très faible producteur pollinique (Richard, 1976), et des variations de 0,2 ou 0,3 % de sa représentation pourraient être significatives. Il semble y avoir une tendance à la baisse des populations d'érables à sucre après 2500 ans BP, alors que ses pourcentages deviennent inférieurs à 0,6. Quoi qu'il en soit, cette essence a sans doute été toujours absente des environs du lac du Diable. La présence de son pollen dans tous les spectres pourrait être due non seulement à la proximité relative des érablières, dans les basses terres estuariennes, mais aussi à la dominance régionale des conifères. En effet, les épinettes, les sapins et les mélèzes qui abondèrent alors autour du lac du Diable sont des essences qui produisent relativement peu de pollen par rapport aux bouleaux, ce qui aurait favorisé la représentation pollinique de certains arbres de source lointaine. À titre d'exemple, notons la présence presque continue du pollen de *Castanea dentata* (0,1 % à chaque spectre) depuis 7000 ans BP; or, les plus proches populations de cette espèce thermophile sont localisées de nos jours à plus de 1000 km de la Gaspésie; il ne fait aucun doute qu'il s'agit d'apports extra-régionaux lointains. Par ailleurs, la représentation pollinique d'*Ulmus* (moins de 1 %) et celle de *Fraxinus* type *nigra* (présence irrégulière) révèlent que le climat ou les sols du secteur à l'étude n'ont jamais permis le développement des groupements riverains d'ormes d'Amérique et de frênes noirs.

Parmi les arbres qui ne croissent pas en Gaspésie, ou dont la distribution actuelle n'est que très sporadique (chêne, hêtre, pruche, pin gris), le chêne (*Quercus*) offre la courbe pollinique la mieux exprimée. Avant 7000 ans BP, durant l'afforestation, sa représentation pollinique dépasse 2 %, mais les maximums observés (5,1 et 6,7 %) sont datés d'au moins 10 000 ans BP. Il s'agit, de toute évidence, d'apports polliniques lointains d'un genre (*Quercus*) réputé pour produire et disséminer beaucoup de grains de pollen. Les pourcentages plus élevés d'avant 7000 ans BP seraient contemporains d'une plus grande abondance du chêne (rouge?) (*Quercus rubra*) au début de l'Holocène, mais dans une région lointaine sise au nord-est du continent, au Nouveau-Brunswick par exemple (Mott, 1975). En effet, les influx de *Quercus* au lac du Diable oscillent alors autour de 60 à 150 grains/cm²/an (sauf au niveau 105 cm où ils atteignent exceptionnellement 260), ce qui approche à peine les valeurs de 100 à 350 grains/cm²/an qui traduisent la présence de petites populations, à la limite septentrionale de son aire de peuplement (Gajewski, 1985; Richard et Larouche, 1989). Bien que ces valeurs ne soient pas absolues, les influx étant fortement variables d'un lac à un autre (Davis *et al.*, 1973), il est peu probable que

les valeurs maximales enregistrées au lac du Diable reflètent la présence locale des chênes. Pour le reste de l'Holocène, les valeurs d'influx vont de 15 à 90 grains/cm²/an (fig. 6), confirmant l'absence de l'essence dans la région du lac du Diable.

Le pin gris (*Pinus banksiana*) est une autre essence dont la représentation pollinique semble un peu plus élevée durant les premiers millénaires de l'Holocène. Tout comme dans le cas du chêne, cela refléterait l'immigration postglaciale de cette espèce dans les régions sises plus au sud ou à l'ouest. Près de Québec, le diagramme pollinique du lac Marcotte (Labelle et Richard, 1981a) montre à cet égard un maximum d'influx bien défini de pin gris, atteignant 1100 grains/cm²/année entre 9000 et 7500 ans BP environ. Enfin, l'allure des courbes polliniques du hêtre (*Fagus grandifolia*) et de la pruche (*Tsuga canadensis*) témoigne aussi d'apports polliniques extra-régionaux. Leurs pourcentages restent toujours inférieurs à 0,9 %, et la courbe du hêtre est en plus très discontinue; ce sont effectivement deux espèces qui n'ont jamais immigré dans le secteur nord de la Gaspésie (Labelle et Richard, 1984).

DISCUSSION

Les données polliniques et macrofossiles ont permis de retracer les grandes lignes de l'histoire postglaciale de la végétation dans le secteur du lac du Diable, par l'intermédiaire de celle des populations arborescentes, principalement.

La phase non arboréenne (zones 1) y est bien exprimée, notamment le stade arbustif qui suit le stade initial herbacé. Elle correspond à une phase de toundra et ressemble à celle qu'on retrouve ailleurs au Québec méridional (Richard, 1977). Par rapport à la zonation pollinique de Labelle et Richard (1981a) dans les Laurentides québécoises et charlevoisiennes, les assemblages polliniques sont plus pauvres en taxons arctiques-alpins et les zones initiales sont manquantes (tabl. V). Ce dernier trait pourrait être dû à une colonisation végétale trop rapide pour qu'un stade initial quasi désertique (zone Ange-1a) et un stade subséquent à *Salix* et plantes herbacées (zone Ange-1b) puissent avoir été enregistrés. Il se peut toutefois que leur absence au lac du Diable soit due à notre incapacité de recueillir les sédiments sous-jacents correspondants. En effet, le carottier utilisé (Livingstone, 1955) peut s'être montré inefficace pour les sédiments inorganiques souvent caillouteux de la base du gisement. Cette éventualité d'une troncation basale de la séquence pollinique au lac du Diable est toutefois assez improbable. Dans la région de Mont-Saint-Pierre (fig. 1), Labelle et Richard (1984) ont établi que la toundra était présente sur le plateau dès l'époque de la déglaciation et jusque vers 10 400 ans BP. Son extension tardiglaciaire prend ainsi, avec les données du lac du Diable, valeur régionale.

Entre 10 500 et 10 000 ans BP, des formations arborescentes plus ou moins éparses colonisaient déjà les régions proches du sommet du mont Albert et sans doute aussi celles voisines des plus hauts sommets gaspésien. En effet, autour de 10 000 ans BP, les arbres s'établissaient même à des altitudes supérieures à 900 m, comme en témoigne le dia-

gramme pollinique du lac Côté (Labelle et Richard, 1981b) situé à environ 915 m d'altitude sur le massif des monts McGerrigle, au sud du mont Jacques-Cartier (fig. 1), et daté de 9810 ± 360 BP (GSC-1799) (Leblais et David, 1977). Ces données, ajoutées à celles du lac du Diable, nous permettent de conclure que la toundra postglaciaire régionale, extensive (au moins 1000 km²), s'est rapidement morcelée vers la fin du Tardiglaciaire et que les îlots actuels qu'elle constitue s'étaient nettement individualisés dès le début de l'Holocène. Ainsi, vers la fin de la période correspondant au Dryas III européen, des espèces arborescentes sont-elles déjà présentes à haute altitude dans les montagnes gaspésiennes, au sein de formations végétales ouvertes dominées par les arbustes.

Quant à la phase d'afforestation (zones 2), elle ressemble à celle du sud-est de la péninsule du Québec-Labrador, dont les diagrammes sont marqués par l'abondance du pollen de l'aulne crispé (Labelle et Richard, 1981b, 1984; Richard et Poulin, 1976; Richard, 1989). L'afforestation de la région du lac du Diable s'est déroulée principalement entre 10 700 et 7000 ans BP environ. Des milieux ouverts y ont donc persisté pendant plus de 3000 ans. Cette longue durée est singulière, d'autant que non seulement diverses essences forestières coexistaient déjà, mais le bouleau blanc, un arbre commun dans la forêt boréale (fermée), était déjà présent dans la région du lac du Diable avant 10 000 ans BP. Filion (1984) a constaté un phénomène semblable en Hudsonie, où la stabilisation par la forêt de certains secteurs dunaires a pu durer 1200-1300 ans, alors que les arbres étaient arrivés dans la région depuis plusieurs millénaires.

Des modifications importantes de la composition floristique et de la structure de la végétation se sont produites au lac du Diable, durant l'afforestation. Le dynamisme qu'implique la structuration de forêts de plus en plus denses se manifeste dans les données polliniques ou macrofossiles par la régression progressive des plantes héliophiles, herbacées et arbustives (*Salix*, *Betula glandulosa*, *Shepherdia canadensis*, *Dryas integrifolia*, *Oxyria digyna*, *Artemisia*, *Cyperaceae*, etc.). De façon générale, leurs populations ont diminué par suite de la raréfaction des sites de pleine lumière, causée par la présence grandissante des peupliers et des épinettes, puis des mélèzes, des bouleaux blancs et des sapins. Le passage de la toundra à des communautés forestières est bien traduit par des assemblages macrofossiles contenant à la fois *Dryas integrifolia*, *Betula glandulosa*, *Picea*, et même *Betula papyrifera*. La présence de *Dryas integrifolia* durant quelque 600 ans après l'arrivée des premiers arbres dénote une afforestation initiale assez lente pendant laquelle ont persisté de nombreux milieux ouverts. Avec le temps, des plantes telles que *Shepherdia canadensis*, *Betula glandulosa*, *Oxyria digyna* et *Dryas integrifolia* ont fini par disparaître localement mais d'autres, comme le genévrier (*Juniperus communis*) et certaines herbes (*Cyperaceae*, *Gramineae*) ont continué à croître dans des stations ensoleillées, jusqu'à nos jours, notamment aux abords du lac du Diable. Aujourd'hui, *Dryas integrifolia* est absent de la flore sommitale du mont Albert (Sirois, 1984), bien qu'il existe ailleurs dans les Chic-Chocs et sur la côte (Rousseau, 1974; Scoggin, 1950). Durant l'afforestation, la plus grande

abondance de *Taxus canadensis*, de *Juniperus communis*, de *Viburnum* et d'*Alnus crispa* sont autant d'indices de la constitution de nouveaux groupements végétaux à cette époque. Ainsi, l'établissement des arbres a-t-elle permis celle de plantes adaptées à des milieux forestiers plus ou moins fermés. La phase d'afforestation a ultimement conduit au développement d'une flore forestière de sous-bois moins riche et dense ou, en tout cas, moins bien représentée par le pollen ou les macrorestes que celle qui caractérisait la phase non arboréenne (zones 1).

Avec les épinettes, le mélèze laricin est une essence qui a marqué particulièrement la végétation, autour du lac du Diable. Sa présence coïncide avec une modification de la représentation pollinique ou macrofossile des herbes et des arbustes (identification de *Taxus canadensis* (pollen et macrorestes), chute définitive du pollen des herbes sous 2 %) et aussitôt qu'on trouve ses aiguilles dans les sédiments, les feuilles de *Dryas integrifolia* en disparaissent complètement. En s'établissant près du lac, les mélèzes ont pu coloniser des milieux ouverts. Ils ont pu aussi remplacer localement les épinettes du secteur, ce qui pourrait expliquer en partie la baisse de la représentation pollinique de *Picea* après 9500 ans BP environ. Après l'établissement du mélèze, il devait encore se trouver des zones non forestières mais, par leur rôle de filtre pour le pollen et les macrorestes des herbes et des petits arbustes, les arbres en position riveraine ont pu masquer la représentation de ces plantes.

Après 9700-9500 ans BP, seule la présence du pollen du peuplier (*Populus*) et de l'aulne crispé (*Alnus crispa*) révèle encore l'existence de communautés végétales ouvertes dans la région du lac du Diable. *Populus* fut sûrement un des premiers taxons arborescents à immigrer dans le secteur. Sous l'angle écologique, il est possible que le peuplier baumier (*Populus balsamifera*) et le peuplier faux-tremble (ou tremble) (*Populus tremuloides*) aient tous deux participé à l'afforestation. En effet, il n'est pas toujours possible de distinguer le pollen des deux espèces selon les critères de Richard (1970), une part du pollen produit par *P. balsamifera* possédant les caractères de ceux émis par *P. tremuloides* (Comtois et Payette, 1984). Par analogie avec la situation qui prévaut aujourd'hui dans l'hémisphère boréale, Comtois et Payette (1984) supposent cependant que, durant l'afforestation au Québec méridional, c'était la peupleraie boréale et non la tremblaie qui existait alors aux abords des lacs et des rivières. Il s'agirait d'une communauté végétale ouverte, formée du peuplier baumier et d'une strate arbustive comprenant des arbustes tels *Betula glandulosa*, *Salix*, *Shepherdia canadensis*, *Juniperus communis* et *Alnus crispa*.

Bien que durant l'afforestation tous ces taxons étaient effectivement présents près du lac du Diable, l'existence d'une telle peupleraie riveraine nous paraît peu probable en raison de la représentation pollinique très peu élevée de *Populus* et de *Juniperus* et de l'absence de macrorestes d'*Alnus crispa*, dans les sédiments. *Populus* n'occupait sans doute pas les rives du lac du Diable, à cette époque. Le peuplier baumier et le peuplier faux-tremble ont néanmoins pu coexister dans le paysage, durant l'afforestation, car le climat permettait l'existence du sapin et du bouleau blanc; il devait donc autoriser

aussi, en principe, l'établissement des deux espèces de peupliers. Seule la découverte de macrorestes attribuables à l'une ou l'autre espèce de *Populus* pourra toutefois trancher la question. Pour ce qui est d'*Alnus crispa*, nous supposons aussi que ses populations n'étaient pas établies principalement en bordure des lacs et des rivières, comme on pourrait le penser de prime abord. Une telle distribution strictement riveraine de l'aulne crispé n'aurait probablement pas résulté en une représentation pollinique de 40 à 50 % dans les spectres de sédiments lacustres. Les spectres polliniques actuels de l'hémiarctique et du subarctique, où l'aulne crispé est répandu autant sur les rives que dans les formations forestières ouvertes, ne présentent pas de tels pourcentages (Lamb, 1984; Mott, 1974; Richard, 1981; Ritchie, 1987). Par ailleurs, Ritchie (1984) estime que les maximums polliniques de l'aulne crispé (30-65 %) dans les diagrammes du nord-ouest canadien y traduisent des populations n'y couvrant pas plus de 5 % du terrain, en raison de sa forte sur-représentation pollinique (p. 147). Finalement, aucun macroreste d'aulne crispé n'a été identifié dans les sédiments du lac du Diable; comme cette espèce est aussi un fort producteur de graines, cela tend à démontrer qu'elle ne croissait pas en grand nombre sur les rives mêmes du lac ou qu'elle en était, comme aujourd'hui, absente.

La représentation d'*Alnus crispa* dans la zone pollinique DIAB-2b pose un intéressant problème paléophytogéographique que les études précédentes paraissent n'avoir abordé qu'en partie (Mott, 1977; Richard et Poulin, 1976). En effet, après 10 000 ans BP, l'expansion des aulnaies en position non riveraine aurait dû être gênée par la présence croissante des arbres. Pourquoi ceux-ci ont-ils mis des milliers d'années pour éliminer une bonne partie de la population d'aulnes? Le maximum d'*Alnus crispa* s'exprime en outre au sein même de l'afforestation, après le maximum de *Picea*. Le modèle classique de succession des arbustes aux arbres est ici inversé. Il ne semble donc pas y avoir de succession des aulnes aux épinettes, comme celle représentée dans l'hémiarctique par la séquence pollinique *Alnus* vers *Picea* ou *Alnus-Betula* (arbustif) vers *Picea* (Filion, 1984). Cette anomalie de la succession a déjà été signalée par M. B. Davis (1981, p. 140) pour la majorité des diagrammes polliniques du nord-est états-unien, mais le maximum d'*Alnus* n'y est pas toujours attribuable à l'espèce *crispa* et n'y atteint pas les formidables pourcentages connus en Gaspésie et au Bas-Saint-Laurent (travaux en cours).

Pendant que la population d'aulnes verts commençait à augmenter sensiblement dans le secteur du lac du Diable, peu après 10 000 ans BP, le climat était déjà favorable à l'implantation des arbres. Au Québec, durant l'afforestation, le maximum pollinique de cet arbuste est d'ailleurs souvent associé à la présence de macrorestes d'arbres dans divers types de sédiments (sédiments lacustres, paléosols dunaires) (Richard, 1980; Labelle et Richard, 1981a, 1984; Filion, 1984). L'existence du bouleau blanc au début de l'Holocène indique de plus que les conditions thermiques se rapprochaient de celles qui prévalent actuellement. Le milieu restait toutefois défavorable à la fermeture totale du couvert végétal, notamment par une pessière fermée. Pour rendre compte de cet ensemble

de faits, nous croyons que l'aulne vert et le tremble ont profité d'une période climatique plus sèche, entre 10 000 ou 9000 ans et 7000 ans BP, conditions favorisant l'augmentation de la fréquence ou de l'intensité des incendies forestiers et conséquemment, le retour puis le maintien des formations ouvertes jusque vers 7000 ans BP. La courbe des charbons de bois microscopiques (fig. 3) étaye cette hypothèse. Au départ, vers 10 000 ans BP, les feux auraient surtout affecté les groupements d'épinettes, lorsque ceux-ci constituaient l'essentiel des forêts. La régénération directe des peuplements d'épinettes après feu, commune de nos jours à condition que la fréquence des incendies ne soit pas trop élevée, était alors défavorisée par le climat estival sec de l'époque. Pendant que les épinettes régressaient par suite du passage répété des feux, l'aulne crispé, manifestement plus tolérant face à de telles conditions, s'est multiplié dans des groupements arbustifs devenus plus nombreux et plus étendus. D'après le pollen et les macrorestes, le bouleau blanc a réussi à maintenir ses populations durant cette période, mais sans plus. Ce genre d'environnement permettrait d'expliquer non seulement la persistance, pendant plus de 3000 ans, des plantes pionnières et héliophiles (dont l'aulne crispé), mais aussi la faible abondance du sapin durant l'afforestation, en raison de sa préférence pour les climats humides et son incapacité à reproduire des peuplements directement après un incendie forestier. Par ailleurs, des températures estivales plutôt clémentes, à cette époque, auraient pu aussi avantager l'aulne dans la succession végétale initiale, au détriment, par exemple, du bouleau glanduleux. En effet, dans leur étude des aulnaies de l'hémiarctique, Gilbert et Payette (1982) indiquent que le bouleau glanduleux pourrait remplacer l'aulne crispé à la suite d'un refroidissement climatique. Au lac du Diable, ce serait la situation inverse qui aurait prévalu, dans un contexte de réchauffement postglaciaire du climat. Par la suite, vers 7000 ans BP, un climat plus humide aurait provoqué une baisse marquée de la fréquence des feux de forêts et une meilleure régénération après feu des épinettes. Les communautés végétales devinrent alors plus stables: l'aulne crispé et le tremble régressèrent, le couvert forestier se ferma et les populations de sapins purent alors se développer.

Une telle reconstitution paléoécologique pour l'Holocène inférieur est compatible avec les données des sites voisins (fig. 1). En effet, les diagrammes polliniques des lacs Côté, Turcotte et Léonard montrent tous une forte abondance et une longue persistance de l'aulne crispé durant la même période (Labelle et Richard, 1981b, 1984). Une hypothèse semblable à la nôtre a été envisagée par Ritchie (1984) pour expliquer l'augmentation, vers 5700-7800 ans BP, de la représentation pollinique de l'aulne crispé puis la stabilisation de sa courbe pollinique jusqu'à l'actuel, dans le nord-ouest canadien (p. 146-153). Elle fait semblablement intervenir l'effet cumulatif des feux de forêts pour expliquer l'ouverture de la sylvie, mais dans un contexte de lent refroidissement climatique. La paléogéographie et les régimes climatiques y étant fort différents, l'hypothèse d'une réponse des populations d'*Alnus crispa* aux feux naturels, plutôt qu'aux seules variations du climat, s'en trouve renforcée.

Depuis 7000 ans BP, des groupements végétaux associés aux sapinières-pessières persistent dans la région du lac du Diable. La phase forestière s'est déroulée sans modification majeure de la nature du stock floristique. Les principaux taxons arborescents (incluant le bouleau blanc) qui caractérisent la végétation actuelle du bassin versant du lac du Diable, étaient déjà tous arrivés vers 9500 ans BP et jamais, au cours de l'Holocène, le domaine forestier paraît-il avoir été enrichi par une immigration importante d'autres essences, notamment plus thermophiles (bouleau jaune, pin blanc, cèdre). Seuls les épinettes, les bouleaux blancs et les sapins ont vu leur proportion relative se modifier de façon sensible dans la végétation. La période hypsithermique, entre 9000 ans et 5000-4500 ans BP environ, s'est exprimée par une plus grande abondance régionale du bouleau blanc; cette essence a régressé dans la deuxième partie de l'Holocène, quand des conditions climatiques plus froides et plus humides ont favorisé l'extension des populations d'épinettes et de sapins.

Les forêts régionales fermées au lac du Diable ont toujours été dominées par les conifères, les bouleaux y ayant été moins nombreux que dans les sapinières qu'on retrouve ailleurs en Gaspésie. En effet, dans la région côtière du nord de la péninsule gaspésienne, près de Mont-Saint-Pierre par exemple, le diagramme pollinique du lac Turcotte se caractérise par des pourcentages de bouleaux de 65 et plus, pendant la phase forestière (Labelle et Richard, 1984). C'est de beaucoup supérieur à leur représentation au lac du Diable où, pour la même période, les pourcentages sont presque toujours inférieurs à 50. De plus, l'analyse macrofossile au lac Turcotte a démontré que le pin blanc et le bouleau jaune s'étaient rendus jusque sur le plateau derrière Mont-Saint-Pierre (vers 460 m d'altitude), lors de la période hypsithermique (Labelle et Richard, 1984). À la même époque (avant 4500-5000 ans BP environ), ni l'un ni l'autre n'ont, semble-t-il, occupé les alentours du lac du Diable. L'unique graine de bouleau jaune découverte dans les sédiments ne nous apparaît pas suffisante pour conclure à la présence de l'essence vers 3000-3500 ans BP, puisqu'il peut ne s'agir que d'une variante morphologique d'une graine de bouleau blanc.

La phase forestière est donc quelque peu différente entre les deux régions. Situé à peine à une quarantaine de kilomètres plus au nord-est (fig. 1), le lac Turcotte semble pourtant avoir toujours joui d'un environnement plus favorable pour les plantes que celui des environs du lac du Diable. Les particularités de l'histoire de la végétation de chaque région peuvent s'expliquer diversement. Par exemple, les conditions climatiques de la côte gaspésienne étant plus clémentes que celles de l'intérieur des terres, elles ont pu permettre aux essences plus thermophiles d'atteindre la région du lac Turcotte. Par ailleurs, les fortes pentes sises en amont du lac du Diable drainant l'air froid des sommets, d'une part, et l'humidité souvent prononcée des fonds de vallées de ce secteur d'autre part ont pu limiter les possibilités d'extension postglaciaire de l'aire de peuplement de certains arbres. Enfin, le lac du Diable se trouve à une altitude supérieure (494 m), par rapport au lac Turcotte (460 m); en milieu montagnard et sous ces latitudes relativement élevées (près du 49° degré), cet écart d'environ

35 m a pu être suffisant pour entraîner des variations notables dans les conditions climatiques et phytogéographiques, d'un endroit à l'autre.

CONCLUSION

Dans l'ensemble, nos reconstitutions paléophytogéographiques et paléoclimatiques vont dans le sens de celles émises par différents auteurs ayant travaillé en Gaspésie (Payette *et al.*, 1981) ou au nord-est des États-Unis (Davis, M. B. *et al.*, 1980; Davis, R. B. and Jacobson, 1985), notamment pour le tardiglaciaire et l'Holocène moyen et supérieur.

Pour l'Holocène inférieur, les données du lac du Diable permettent de proposer l'hypothèse qu'un climat propice aux feux de forêt et, surtout, mettant en échec la régénération directe de l'épinette noire après feux, a joué un rôle primordial dans le maintien d'une formation forestière ouverte. Brown Macpherson (1982) fait aussi intervenir les feux et un climat estival plus sec pour expliquer la persistance de forêts ouvertes de 8300 à 5300 ans BP, dans la péninsule d'Avalon à Terre-Neuve, les bouleaux arbustifs y jouant le rôle ici dévolu à l'aulne crispé. Cette hypothèse se trouve confirmée au lac du Diable par les données portant sur l'abondance des charbons de bois, et est en plein accord avec les reconstitutions paléoclimatiques des modèles mathématiques les plus récents (COHMAP Members, 1988).

En effet, le modèle de Milankovitch propose une radiation solaire estivale jusqu'à 8 % supérieure à l'actuelle, entre 15 000 et 7 000 ans BP. De telles conditions correspondraient à des étés relativement chauds, à forte évapotranspiration, propices aux incendies naturels, autorisant la présence des arbres en Gaspésie, assez près du front de l'inlandsis situé sur la Côte-Nord entre 11 000 et 9000 ans BP. Durant la même période, les terres situées face à la marge sud-est de l'inlandsis ont sans doute connu des vents catabatiques plus importants qu'ailleurs, au sud de la glace, créant des conditions propices aux feux (dessiccation, orages électriques). L'existence de telles conditions liées à la présence de l'inlandsis a par ailleurs été envisagée par Fillion (1987) pour expliquer une activité éolienne ayant construit des dunes entre 10 000 et 7000 ans BP, dans la région de Québec.

Ces conditions générales auraient été à leur maximum vers 11 000 ans avant l'actuel et seraient pratiquement disparues vers 7000 ans avant l'actuel, en Gaspésie, lors de l'établissement d'un régime climatique de type moderne. L'expansion de l'aulne crispé à l'Holocène inférieur constituerait donc, dans le contexte paléogéographique et paléophytogéographique de l'époque en Gaspésie, la réponse de la végétation à de telles conditions du milieu. Par ailleurs, durant la déglaciation régionale et jusque vers 10 500 ans BP, soit à l'époque de l'arrivée régionale des arbres et du début du développement de l'aulne crispé, la proximité des glaces gaspésiennes et de l'inlandsis d'une part, et peut-être l'oscillation climatique même du Dryas III d'autre part (Héty, 1986), auraient entretenu un climat froid et sec et une végétation de toundra dans toute la région du mont Albert, même si la radiation solaire estivale était proche du maximum.

REMERCIEMENTS

Nous sommes redevables à M^{me} Nicole Morasse et à M. Alayn Larouche, du Laboratoire de paléobiogéographie et de palynologie du Département de géographie de l'Université de Montréal, pour leurs analyses, et à MM. Guy Frumignac et Rolland Renaud pour le dessin et la photographie des figures. M^{me} Dominique Richard a assuré la frappe finale du manuscrit. M. François Boulanger et M^{me} Sylvie Ryan, du parc de la Gaspésie à Sainte-Anne-des-Monts ont généreusement appuyé nos travaux sur le terrain. M^{me} Marie-Anne Geurts et M. Robert J. Mott ont assuré la lecture critique du manuscrit. Que tous trouvent ici la manifestation de notre reconnaissance. Ces travaux ont reçu l'appui de CRSNG (Subvention pour dépenses courantes n° 442) et du Fonds FCAR (Subvention d'équipe n° 1157).

RÉFÉRENCES

- Benninghoff, W. S., 1962. Calculation of pollen and spore density in sediments by addition of exotic pollen in known quantities. *Pollen et Spores*, 6: 332-333.
- Boudreau, F. et Payette, S., 1981. Les étages de végétation du mont Jacques-Cartier, p. 19-46. *In* Les zones d'altération et le problème des limites glaciaires. Excursion et colloques en Gaspésie, Québec, AQQUA et CANQUA, 116 p.
- Brown Macpherson, J., 1982. Postglacial vegetational history of the eastern Avalon Peninsula, Newfoundland, and Holocene climatic change along the eastern Canadian seaboard. *Géographie physique et Quaternaire*, 36: 175-196.
- COHMAP Members, 1988. Climate change of the last 18,000 years: observations and model simulations. *Science*, 241: 1043-1052.
- Comtois, P. et Payette, S., 1984. Représentation pollinique actuelle et subactuelle des peuplières boréales au Nouveau-Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 38(2): 123-133.
- David, P. P., 1987. Jour 2: Arrêts 2.10 à 2.12, p. 25-26. *In* J. T. Gray et al., *Livret guide de l'excursion C-4: Processus et paléo-environnements du Quaternaire dans la péninsule gaspésienne et dans le Bas-Saint-Laurent*. Publication du Conseil national de recherches du Canada sous la direction de H. M. French et P. J. H. Richard, rédacteurs, dans le cadre du XII^e Congrès international de l'INQUA, Ottawa, 31 juillet au 9 août 1987, 85 p.
- David, P. P. et Leblais, J., 1985. The last glacial maximum and deglaciation of the western half of Gaspé Peninsula and adjacent area, Québec, Canada. *Geological Society of America, Special paper* 197, p. 85-109.
- Davis, M. B., Brubaker, L. B. et Webb III, T., 1973. Calibration of absolute pollen influx, p. 9-25. *In* H. J. B. Birks et R. J. West, édit., *Quaternary Plant Ecology*, Blackwell, 326 p.
- Davis, M. B., Spear, R. W. et Shane, L. C. K., 1980. Holocene climate of New England. *Quaternary Research*, 14: 240-250.
- Davis, R. B. et Jacobson, G. L., Jr., 1985. Late glacial and early Holocene landscapes in northern New England and adjacent areas of Canada. *Quaternary Research*, 23(3): 341-368.
- DeVernal, A., Larouche, A. et Richard, P. J. H., 1987. Evaluation of palynomorph concentrations: do the aliquot and the marker-grain methods yield comparable results? *Pollen et Spores*, 29(2-3): 291-304.
- Fægri, K. et Iversen, K., 1975. *Textbook of Pollen Analysis*. 3rd ed., Munksgaard, Copenhagen, 237 p.
- Filion, L., 1984. Analyse macrofossile et pollinique de paléosols de dunes en Hudsonie, Québec nordique. *Géographie physique et Quaternaire*, 38(2): 113-122.
- 1987. Holocene development of parabolic dunes in the central St. Lawrence lowland, Québec. *Quaternary Research*, 28: 196-209.
- Gajewski, K. 1985. Late-Holocene pollen data from lakes with varved sediments in northeastern and northcentral United States. *Institute for Environmental Studies, report n° 124*, University of Wisconsin, Madison.
- Gilbert, H. et Payette, S., 1982. Écologie des populations d'aulne vert (*Alnus crispa* (Ait) Pursh) à la limite des forêts, Québec nordique. *Géographie physique et Quaternaire*, 36(1-2): 109-124.
- Grandtner, M. M., 1966. La végétation du bas Saint-Laurent, de la Gaspésie et des Îles-de-la-Madeleine. Carte à 1/548 000, Bureau d'aménagement de l'est du Québec, Atlas régional, planche A14.
- 1972. Aperçu de la végétation du bas Saint-Laurent, de la Gaspésie et des Îles-de-la-Madeleine. *Cahiers de Géographie de Québec*, 16: 116-121.
- Hétu, B., 1986. L'influence du contexte géomorphologique quaternaire sur la dynamique postglaciaire des versants raides de la Gaspésie septentrionale. Thèse de Ph.D., Département de géographie, Université de Montréal, 568 p. (2 t.).
- Hétu, B. et Gray, J. T., 1985. Le modelé glaciaire du centre de la Gaspésie septentrionale. *Géographie physique et Quaternaire*, 39(1): 47-66.
- Jørgensen, S., 1967. A method of absolute pollen counting. *New Phytologist*, 66: 489-493.
- Labelle, C. et Richard, P. J. H., 1981a. Végétation tardiglaciaire et postglaciaire au sud-est du parc des Laurentides, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 35(3): 345-359.
- 1981b. Données pollenanalytiques de l'axe mont Saint-Pierre/mont Jacques-Cartier en Gaspésie, p. 137-150. *In* Les zones d'altération et le problème des limites glaciaires. Excursion et colloque en Gaspésie, Québec, AQQUA et CANQUA, 166 p.
- 1984. Histoire postglaciaire de la végétation dans la région de Mont-Saint-Pierre, Gaspésie. *Géographie physique et Quaternaire*, 38(3): 257-274.
- Lamb, H. F., 1984. Modern pollen spectra from Labrador and their use in reconstructing Holocene vegetational history. *Journal of Ecology*, 72: 37-59.
- Larouche, A., 1979. Histoire postglaciaire comparée de la végétation à Sainte-Foy et au mont des Éboulements, Québec, par l'analyse macrofossile et l'analyse pollinique. Mémoire de maîtrise, Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, Québec, 117 p.
- Leblais, J. et David, P. P., 1977. La stratigraphie et les événements du Quaternaire dans la partie occidentale de la Gaspésie, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 31(3-4): 275-296.
- Livingstone, D. A., 1955. Notes and comments. A light-weight piston sampler for lake deposit. *Ecology*, 36(1): 137-139.
- Mott, R. J., 1974. Modern pollen spectra from Labrador. *Geological Survey of Canada, Paper* 74-1, Part B, p. 232-234.
- 1975. Palynological studies of lake sediment profiles from southwestern New Brunswick. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 12(2): 273-288.
- 1977. Late Pleistocene and Holocene palynology in south-eastern Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 31(1-2): 139-149.

- Payette, S. et Boudreau, F., 1984. Évolution postglaciaire des hauts sommets alpins et subalpins en Gaspésie. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 21(3): 319-335.
- Payette, S., Boudreau, F. et Ledoux, R. 1981. Paléoécologie du mont Jacques-Cartier, p. 69-87. *In* Les zones d'altération et le problème des limites glaciaires. Excursion et colloque en Gaspésie, Québec, AQQUA et CANQUA, 166 p.
- Richard, P. J. H., 1970. Atlas pollinique des arbres et de quelques arbustes indigènes du Québec. *Naturaliste canadien*, 97: 97-161.
- 1976. Relations entre la végétation actuelle et le spectre pollinique au Québec. *Naturaliste canadien*, 103: 53-66.
- 1977. Histoire post-wisconsinienne de la végétation du Québec méridional par l'analyse pollinique. Service de la recherche, Direction générale des forêts, ministère des Terres et Forêts du Québec. Publications et rapports divers, tome 1, xxiv + 312 p.; tome 2, 142 p.
- 1978. Histoire tardiglaciaire et postglaciaire de la végétation au mont Shefford, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 32: 81-93.
- 1980. Histoire postglaciaire de la végétation au sud du lac Abitibi, Ontario et Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 34(1): 77-94.
- 1981. Paléophytogéographie postglaciaire en Ungava, par l'analyse pollinique. Coll. Paléo-Québec n° 13, 153 p.
- 1989. Patterns of post-Wisconsin plant colonization in Québec-Labrador. *In* R. J. Fulton, J. A. Heginbottom et S. Funder, édit. *Quaternary Geology of Canada and Greenland*, Geological Survey of Canada, Geology of Canada no. 1.
- Richard, P. J. H. et Larouche, A. C., 1989. La végétation postglaciaire du Témiscamingue, Québec, durant l'épisode glaciolacustre Barlow. *Canadian Journal of Botany*, 67(2): 544-558.
- Richard, P. J. H., Larouche, A. et Bouchard, M., 1982. Âge de la déglaciation finale et histoire postglaciaire de la végétation dans la partie centrale du Nouveau-Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 36(1-2): 63-90.
- Richard, P. J. H. et Poulin, Ph., 1976. Un diagramme pollinique au mont des Éboulements, région de Charlevoix, Québec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 13(1): 145-156.
- Ritchie, J. C., 1984. Past and Present Vegetation of the Far Northwest of Canada. University of Toronto Press, Toronto, 251 p.
- 1987. *Postglacial Vegetation of Canada*. Cambridge University Press, 178 p.
- Rousseau, C., 1974. Géographie floristique du Québec-Labrador. Distribution des principales espèces vasculaires. Travaux et Documents du Centre d'études nordiques, n° 7, Les Presses de l'Université Laval, Québec, 799 p.
- Scoggan, H. J., 1950. The flora of Bic and the Gaspé peninsula, Québec. National Museum of Canada, Bulletin no. 115, Biological series no. 39, 399 p.
- Sirois, L., 1984. Le plateau du mont Albert: étude phyto-écologique. Mémoire de maîtrise, Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, 152 p.